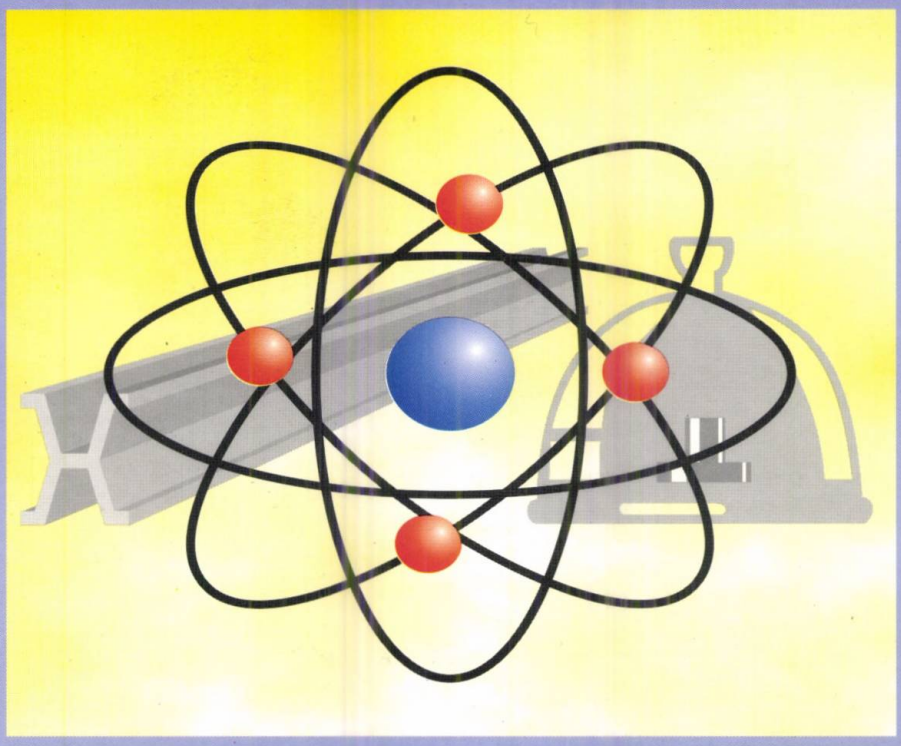
E 8225
FF8 000000 067906

INM Nr 1/1996

metrologie



SUMMARY

PETRU KÖNIG-GEORGESCU, ECATERINA STOICAN: Some problems regarding the gas-chromatographic equipment calibration in connection with the accreditation of physico-chemical analysis laboratories . 2

STELUȚA DUȚĂ, MIRELLA BUZOIANU, CONSTANTIN BOTGROS: Activities at INM regarding the concentration reference materials 7

MIRELLA BUZOIANU, STELUȚA DUȚĂ, CONSTANTIN BOTGROS: Present day requirements regarding the traceability of measurements in the field of reference materials 12

CONSTANTIN VLAICU: Digital instrument for fuel residues measurement in gaseous mixtures and for signaling the danger of explosion 16

COSTIN CEPIȘCĂ, SORIN DAN GRIGORESCU, ANCA NESTOR: PC aided humidity and temperature measuring system 22

INFORMATION

OFFICIAL PART

* * * The list of measurement instruments for which pattern approvals were granted between 26.09.1995 and 31.12.1995 29

SOMMAIRE

PETRU KÖNIG-GEORGESCU, ECATERINA STOICAN: Quelques problèmes concernant l'équipment gas-chromatographique en vue de l'accréditation des laboratories d'analyse physico-chemique 2

STELUȚA DUȚĂ, MIRELLA BUZOIANU, CONSTANTIN BOTGROS: L'activité de l'INM au sujet des matériaux de référence de concentration 7

MIRELLA BUZOIANU, STELUȚA DUȚĂ, CONSTANTIN BOTGROS: Exigences actuelles pour la traceabilité des mesurages au domain des matériaux de référence 12

CONSTANTIN VLAICU: Appareil numérique pour mesurer les restes combustibles dans les mixtures gaseuses et signaler le danger d'explosion 16

COSTIN CEPIȘCĂ, SORIN DAN GRIGORESCU, ANCA NESTOR: Système à ordinateur personnel pour le mesurage de l'humidité et de la température 22

INFORMATION

PARTIE OFFICIELLE

* * * La liste des appareils de mesure qui ont reçu approbation de modèle entre 26.09.1995 et 31.12.1995 29

REDACȚIA

INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE

Șos. Vitan-Bârzești nr. 11, sector 4, tel. 6342060
și 6344030/191; București; 75669

ISSN 1200–546 X

Cererile pentru abonamente vor fi adresate Editurii Tehnice în contul 645 121 127 BCR, filiala sector 1, str. Oteteleșeanu nr. 1 sector 1, București
Costul unui abonament anual este 14 000 lei.

*

Cererile pentru reclame în revistă vor fi înaintate redacției

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR ÉS KÖZPONT 1883 ORSZÁGOS

METROLOGIE

Publicație tehnico-științifică

editată de

INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE

SUMAR

PETRU KÖNIG-GEORGESCU, ECATERINA STOICAN: Probleme legate de etalonarea echipamentelor gaz-cromatografice în vederea acreditării laboratoarelor de analiză fizico-chimice 2

STELUȚA DUȚĂ, MIRELLA BUZOIANU, CONSTANTIN BOTGROS: Preocupări ale INM în legătură cu materialele de referință de concentrație 7

MIRELLA BUZOIANU, STELUȚA DUȚĂ, CONSTANTIN BOTGROS: Cerințe actuale ale trasabilității măsurărilor în domeniul materialelor de referință 12

CONSTANTIN VLAICU: Aparat numeric pentru măsurarea resturilor combustibile din amestecurile gazoase și semnalizarea pericolului de explozie 16

COSTIN CEPIȘCĂ, SORIN DAN GRIGORESCU, ANCA NESTOR: Sistem de măsurare cu calculator personal pentru umiditate și temperatură 22

INFORMAȚII

PARTEA OFICIALĂ

* * * Lista mijloacelor de măsurare cu aprobare de model emisă în perioada 26.09.95 – 31.12.95 29

*

* *

Colectivul de redacție: fiz. Dragoș Boiciuc, Viorica Burciu (*secretar de redacție*), ing. chim. Mirela Buzoianu, dr. ing. Florin Crețu, ing. Gabriel Iordăchescu, dr. ing. Aurel Millea (*redactor responsabil*), ing. Ionel Urdea.

METROLOGIE, vol. XLIII (Serie nouă) nr. 1/1996 p. 1–32

Probleme legate de etalonarea echipamentelor gaz-cromatografice în vederea acreditării laboratoarelor de analiză fizico-chimice

PETRU KÖNIG-GEORGESCU *)
ECATERINA STOICAN *)

Abstract: *The paper concentrates on the legal aspects regarding the gas-chromatographic equipment, considered as ,,legal metrology instruments", and especially on the metrological confirmation in preparation for accreditation of test/analysis laboratories and on complying with the requirements of ISO standards and of specific GLP (Good Laboratory Practice) regulations.*

Résumé: *L'article s'occupe des aspects légales concernant l'équipment gas-chromatographique, considéré comme ,,instruments de métrologie légale", et espécialement de la confirmation métrologique en vue de l'accréditation des laboratoires d'essai/analyses et de la conformité avec les exigences des standards ISO et des régulations spécifiques GLP (Good Laboratory Practice).*

1 Introducere

Gaz-cromatografele (GC) sunt mijloace de măsurare fizico-chimice utilizate în mod curent pentru efectuarea separării și analizei unor amestecuri, de regulă, cu compoziție complexă de substanțe aflate fie în faza lichidă, fie în stare de vapori, fie în stare de gaz.

Importanța gaz-cromatografiei reiese și din următorul citat dintr-un articol din *Journal of Chromatography*, publicat în 1979 și care considerăm că rămâne perfect actual în condițiile din 1995: „În prezent, cromatografia este tehnica analitică cea mai răspândită și probabil, cea mai documentată. Numărul articolelor care tratează diferite aspecte ale cromatografiei depășește 100 000 ... Evoluția gaz-cromatografiei prezintă o caracteristică unică și anume că nu a existat, probabil, nici o altă tehnică analitică la care cooperarea internațională intensivă să fi jucat un rol atât de vital" [1].

Buletinele de analiză care conțin rezultatele măsurărilor gaz-cromatografice, mai mult sau mai puțin prelucrate statistic, constituie documente pe baza cărora se efectuează importante tranzacții comerciale chiar la nivel internațional (a se vedea cazurile analizelor gazului metan natural, ale produșilor finali din industriile petrolieră și petrochimică, chimie anorganică de bază etc.). În ecologie, GC sunt mijloace foarte utilizate de investigare a agenților poluanți în tehnologii și ingineria mediului, în scopul realizării unui „monitoring integrat al factorilor de mediu" [2]. Utilizările, de asemenea, importante în analiza produselor alimentare, aplicațiile în medicină și biochimie fac ca GC să intre sub incidența Legii Metrologiei nr.11/1994 în ceea ce privește producerea, importul, comercializarea și utilizarea lor.

Cu această ocazie, menționăm că Instrucțunile de Metrologie Legală IML 1-95 „Transmiterea unității de măsură" și IML 2-95 „Aprobarea de model" și ultima Listă Oficială emisă de BRML prin ordinul 13/95 prevăd că orice gen de aparatură destinată tranzacțiilor comerciale, protecției mediului și a cetățeanului (cumpărătorului) face parte din categoria mijloacelor de măsurare de interes public, așa numitele „mijloace de măsurare reglementate", care necesită obținerea aprobării de model și sunt supuse **obligatoriu** controlului metrologic periodic prin organe de metrologie autorizate de inspecțiile BRML, iar etaloanele (numite în literatura specifică „materiale de referință certificate", MRC-uri) trebuie reconfirmate, prin certificarea compoziției, de către un laborator, de asemenea autorizat în emiterea documentelor respective (certificat de etalonare, buletin de analiză etc.).

În acest sens, GC sunt trecute în Lista Oficială la poziția 9.04–12 și etaloanele de concentrație de gaze la poziția 9.04–04, de la capitolul 9, Mărimi fizico-chimice.

*) Institutul Național de Metrologie, șos.Vitan-Bârzești nr.11, sector 4, București.

2 Asigurarea metrologică a gaz-cromatografelor

Acreditarea laboratoarelor este recunoașterea oficială a competenței laboratorului pentru a realiza încercări sau tipuri de încercări determinate.

Dorința sau obligația multor laboratoare de analiză/încercări gaz-cromatografice de a se acredita prin organisme specializate, conform normativelor europene privind funcționarea și evaluarea laboratoarelor de încercări, seria 45 000 și a standardelor ISO seria 9 000 pentru asigurarea calității, preluate și adaptate ca standarde românești, seriile SR EN 45 000 și 9 000, presupune și încercarea, în prealabil, a aparatelor sau a echipamentelor analitice, în vederea obținerii aprobării de model și supunerea lor la operațiile metrologice de verificare și/sau etalonare.

Standardul ISO 10012-1/1992 „Cerințe de asigurarea calității pentru echipamentele de măsurare. Confirmarea metrologică a echipamentelor de măsurare", preluat automat de organizațiile naționale sau internaționale de acreditare (printre care și Rețeaua Națională a Laboratoarelor de Încercări-RELAR) prevede expres și obligativitatea asigurării trasabilității măsurărilor la sistemul național de etalonare.

În consecință, rolul INM de a materializa, caracteriza, întreține și conserva etaloanele de vârf, inclusiv în domeniul cantității de substanță, devine deosebit de important, dar și dificil, ca bază a creării unei infrastructuri metrologice specializate. Concret, în cazul GC este vorba despre etaloanele de concentrație de lichide și gaze.

Efectuarea operațiilor metrologice de verificare sau etalonare ridică probleme practice delicate, având în vedere caracterul neselectiv la măsurarea concentrațiilor de gaze/vapori, cunoscut fiind faptul că același GC poate fi utilizat la măsurarea unei mari diversități de compoziții (ca număr de constituenți ai amestecurilor și de concentrații), consecință firească a variației tipurilor de detectoare utilizate, a sistemului/sistemelor de separare cromatografică (respectiv a numărului de coloane cromatografice, a tipurilor de coloane normale sau capilare, a caracteristicilor umpluturilor cromatografice, a materialelor de construcție și a caracteristicilor geometrice ale coloanelor), a condițiilor de lucru: regimuri izoterme sau cu programare de temperaturi la injecție, în incinta coloanelor, la detector/detectoare, presiuni și debite de gaze purtătoare și auxiliare etc., a modului de identificare a constituenților separați, a metodei de evaluare cantitativă a concentrațiilor, respectiv a modului de calcul al înălțimilor sau ariilor picurilor cromatografice (manual sau cu integrator) etc.

Drept urmare, nici o firmă producătoare de GC nu indică limite ale erorilor tolerate la măsurarea concentrațiilor componentelor amestecurilor sau alte performanțe obișnuite în metrologie ca erori de justețe, de fidelitate, erori suplimentare, motiv pentru care se procedează, în scopul evaluării performanțelor tehnico-funcționale ale acestor echipamente analitice, la definirea și calculul unor caracteristici specifice detectoarelor utilizate în GC cum ar fi: zgomotul de fond, cantitatea minimă detectabilă, sensibilitatea maximă, domeniul liniar, deriva liniei de bază etc.

Poziția specială a GC a provocat discuții contradictorii cu ocazia elaborării primelor Norme Tehnice de Metrologie privind „Verificarea metrologică a GC de laborator dotate cu detectoare termoconductometrice (TCD) și/sau cu ionizare în flacără (FID)", NTM 8-15-87 și a NTM privind „Verificarea metrologică a GC de proces", 1988, în sensul că există tendința din partea unora de a nu accepta ideea că GC sunt mijloace de măsurare, ci aparate/echipamente pentru evaluarea calitativă a constituenților amestecurilor (de separare și identificare a acestora) și numai informative, din punctul de vedere al evaluării cantitative. Faptul că prin intermediul GC se fac totuși măsurări de mare importanță, consemnate în buletine de analiză și necesitatea de a supraveghea calitatea acestor măsurări, a făcut ca în NTM-urile amintite să se introducă condiții tehnice de calitate conforme în special cu prevederile normelor ASTM (vol. 42), respectiv a celor care se referă la încercarea diverselor tipuri de detectoare utilizate în GC. Pentru celelalte caracteristici menționate, nivelele de calitate au fost stabilite în urma studierii datelor din literatura de specialitate și verificate cu ocazia omologării producției autohtone de GC. Pe scurt, aceste condiții tehnice se referă la: stabilitatea debitelor gazelor purtătoare și auxiliare, a indicatoarelor de presiune, la etanșeitatea circuitelor de gaze, la înregistratoare, la regimurile termice și la caracteristicile funcționale ale detectoarelor.

Ca urmare a apariției unor normative ale Organizației Internaționale de Metrologie Legală (OIML), legate de GC cum sunt: Recomandările Internaționale R-82 „GC pentru măsurarea

poluării cu pesticide şi alte substanţe toxice", „GC echipate cu spectrometre de masă şi sisteme de prelucrare a datelor pentru analiza poluanţilor organici în apă" şi R-113 „GC portabile pentru măsurări pe teren a poluanţilor chimici" şi prin asimilarea unor prevederi din metodologiile ASTM (vol 26) de efectuare a unor analize particulare (de exemplu D-1945 sau D-2870), s-a procedat, prin elaborarea NTM 9-33-94 „Gaz-cromatografe portabile destinate măsurării concentraţiei compuşilor chimici poluanţi", la introducerea unor condiţii suplimentare privind repetabilitatea măsurărilor (ca un coeficient/ coeficienţi maximi de variaţie a înălţimii sau ariei picului şi alt coeficient de variaţie a timpului de retenţie a unui component preluat din amestec). Ca şi primele NTM-uri, caracterizarea funcţională a detectoarelor (de ionizare în flacără FID, cu fotoionizare PID, cu ionizarea argonului AID, cu captură de electroni ECD) se face cu câte un compus de probă (de exemplu: metan sau butan pentru FID, PID, AID şi un compus gazos halogenat pentru ECD), dar s-a introdus şi o condiţie suplimentară privind eroarea de măsurare tolerată pentru cazul în care se dispune, de către utilizator, de etaloane de concentraţie de gaze/lichide (cca 3 etaloane cu compoziţie certificată pentru trasarea curbelor de etalonare). Norma consideră corespunzătoare situaţia în care erorile determinate sunt mai mici sau egale cu 10% din valoarea convenţional adevărată a concentraţiei gazului/lichidului măsurat din etalon.

3 Rolul metrologiei în acreditarea laboratoarelor de analiză/încercări

Norma ISO 10012, adaptată de unele organizaţii de acreditare, cum este cazul RELAR prin procedura DG-003-01 „Cerinţe metrologice pentru acreditarea laboratoarelor de încercări" instituie noţiunea de **„confirmare metrologică"** ca „ansamblu de operaţii cerute pentru a se asigura conformitatea unui echipament de măsurare cu condiţiile prescrise pentru utilizarea proiectată". Se impune ca printre informaţiile oferite să figureze „rezultatele etalonării obţinută după şi, dacă are loc, înaintea oricărei ajustări sau reparaţii", „limitele erorii tolerate" şi „o menţiune privind incertitudinile introduse după etalonarea echipamentului, precum şi efectul lor cumulat".

Pentru un metrolog, această „confirmare" se referă evident la operaţia de etalonare şi necesită eliberarea unui certificat de etalonare, care presupune existenţa separată a unui set de etaloane de concentraţie de gaze/vapori în dotarea utilizatorului, în vederea identificării constituenţilor amestecului şi a evaluării cantitative a fiecărui component şi a unui alt set de etaloane la dispoziţia organului însărcinat cu „confirmarea metrologică", certificate la nivelul de precizie corespunzător, printr-un document (alt certificat de etalonare), cu dovada asigurării trasabilităţii, prin menţionarea originii lanţului de comparare.

În acest sens, luând în considerare pretenţiile foarte ridicate impuse funcţionării echipamentelor, în cadrul auditării laboratoarelor de încercări pentru care se solicită acreditarea, unele firme producătoare de GC pun la punct metodologii de **„validare"** care să asigure documentarea permanentă a conformităţii cu exigenţele impuse echipamentului şi metodelor de măsurare. Firma Hewlett-Packard oferă clienţilor o astfel de metodologie, în cadrul reglementărilor americane GLP (Good Laboratory Practice) armonizate la nivelul legislaţiei Comunităţii Europene, considerând că în cazul GC validarea este procesul de evaluare a metodei analitice pentru asigurarea conformităţii cu cerinţele metodei [3]. Condiţiile esenţiale pentru satisfacerea acestor exigenţe sunt funcţionarea corespunzătoare şi bine documentată a echipamentului (hardware), a calculatorului care îl asistă (hard şi soft-ware) şi validarea metodelor analitice.

Ideea foarte importantă şi cu repercusiuni asupra activităţii viitoare de confirmare metrologică a GC este că „validarea echipamentelor este, în esenţă, o verificare a performanţelor aparaturii alese pentru o tehnică analitică **particulară** şi verificarea computerului care o controlează". Concluzia noastră, ca persoane care avem sarcina de a evalua metrologic performanţele GC, este că această „confirmare" nu se poate face decât prin raportarea măsurărilor la etaloane **caracteristice** analizei specifice efectuată, de unde rezultă necesitatea de a dispune de o gamă extrem de bogată de etaloane, dacă se ţine seama de multitudinea tipurilor de analize GC.

De aici rezultă sarcina permanentă a INM de a asigura baza de etaloane, în primul rând a celor de referinţă ale României, care prin diseminare să asigure trasabilitatea măsurărilor la oricare echipament din cadrul unui laborator de încercări. Este greu de conceput că reprezentanţii autorizaţi

ai metrologiei legale pot dispune de toate sortimentele de etaloane pretinse la efectuarea operațiilor de confirmare metrologică solicitate la nivelul tuturor laboratoarelor de cromatografie. Evident, trebuie găsită o modalitate de compromis prin care să se documenteze cât mai complet performanțele funcționale ale GC, capabilitatea acestor echipamente de a produce măsurări sigure și precise pentru diversele utilizări particulare.

Trebuie să precizăm că am abordat problemele privind trasabilitatea măsurărilor GC cu mai multe prilejuri, cum au fost Simpozionul organizat de Oficiul Federal de Fizică și Tehnică (PTB) din Germania, la București, în iulie 1995, la a 20-a Conferință Generală a Comitetului Internațional pentru Măsuri și Greutăți, Paris, octombrie 1995 sau la unele manifestări științifice organizate de firme de prestigiu, producătoare de aparatură GC. Răspunsul a fost în general invariabil, și anume că metrologia în chimie face primii pași, chiar în țările cu o economie dezvoltată, deci soluționarea problemei rămâne ca sarcină cu perspectivă incertă.

Pe de altă parte, trezirea unei „conștiințe metrologice" a analiștilor GC este evidentă și presiunea venită din partea lor, ca ricoșeu la pretențiile organismelor de acreditare, ne obligă la acțiune.

Ca soluție de moment se procedează la verificarea conformității metodei de analiză (de preferință, standardizată), **adoptate** de specialistul analist cu metoda aplicată (**adaptată** condițiilor din laborator) și a echipamentului din dotare, a asigurării cu etaloane specifice metodei sau cu amestecuri preparate cu reactivi chimici (cu puritate certificată) care se dozează gravimetric în cadrul laboratorului, a corespondenței cromatogramei rezultată în urma analizei, cu cromatograma tip din procedură, repetarea de trei ori a analizei și verificarea abaterilor constante, față de cele prescrise, la variațiile înălțimilor/ariilor picurilor și timpilor de retenție a componentelor sau a principalelor componente. Acești ultimi parametri, definitorii bunei desfășurări a analizei, pot fi menționați într-un certificat de etalonare, deci documentați, odată cu nivelele de calitate acceptate în norme.

Se poate lărgi spectrul de date care caracterizează precizia măsurărilor GC prin verificarea reproductibilității, laboratorul participând la comparații cu alte laboratoare sau grupuri de laboratoare cu profil similar din țară sau la comparații internaționale pe anumite tipuri de amestecuri.

Comitetul Consultativ pentru Cantitatea de Materie, înființat în anul 1993 în cadrul Comitetului Internațional pentru Măsuri și Greutăți, a inițiat deja două acțiuni de intercomparare, dintre care al doilea studiu se referă chiar la analiza gazelor, inclusiv prin cromatografia în faza gazoasă, asupra unor amestecuri binare de gaze primare (CO/N_2, CO_2/N_2 și NO/N_2), preparate prin metode gravimetrice. Este, desigur, numai un început, dar programul preconizat pentru anii următori se vrea mai generos.

Există și alte organisme dedicate armonizării măsurărilor, cum ar fi BCR (Biroul Comunitar pentru Referințe), cu scopul declarat de a încuraja și sprijini colaborarea tehnică între laboratoarele Comunității Europene, pentru efectuarea unor măsurări precise în sectoare considerate vitale, ca: alimentația, mediul, comerțul și protecția consumatorului.

Situația mai dificilă a asigurării trasabilității măsurărilor la etaloanele de vârf nu este caracteristică metrologiei în general, nici măcar întregului segment al analizei compozițiilor de gaze, dar implică tocmai GC, un domeniu al analizelor fizico-chimice de mare importanță, de unde rezultă necesitatea de a găsi, în viitorul foarte apropiat, căi de rezolvare, printr-o colaborare competentă a tuturor factorilor implicați, inclusiv prin acea „cooperare internațională intensivă", menționată în introducere.

Deoarece în multe ocazii suntem chestionați în legătură cu aportul concret al INM la creșterea nivelului de precizie a măsurărilor gaz-analitice și deoarece sectorul de activitate al Colectivului Concentrație Gaze INM este mai cuprinzător, îl vom sistematiza astfel:

a) activitate de producere, caracterizare și conservare a etaloanelor de referință ale României în domeniul concentrațiilor de gaze, în scopul asigurării trasabilității etaloanelor secundare și a mijloacelor de măsurare de lucru (gaz-analizoare);

b) elaborarea normelor de metrologie legală privind verificarea/încercarea metrologică a diverselor mijloace de măsurare gaz-analitice. Seria de 10 NTM și NML elaborate de INM în ultimii 10 ani se referă la următoarele tipuri de aparate: explozimetre, analizoare de O_2 și CO_2, etilometre, gaz-cromatografe de proces, gaz-cromatografe de laborator cu FID și/sau TCD, analizoare automate destinate măsurării concentrației

gazelor poluante din atmosferă, GC portabile destinate măsurării concentrației poluanților chimici, analizoare de gaze de eșapament;

c) efectuarea încercărilor metrologice de tip asupra aparaturii și echipamentelor pentru analiza concentrației gazelor în vederea obținerii aprobării de model din partea BRML;

d) transmiterea unității de măsură a concentrației de gaze către etaloanele și mijloacele de măsurare de rang inferior prin servicii de certificare, prin analize, a compozițiilor etaloanelor de gaze și verificare metrologică a mijloacelor de măsurare specifice domeniului;

e) producerea de etaloane secundare de concentrație de gaze pentru nevoi proprii și pentru terți. INM a dezvoltat, în ultimii 15 ani, pe baza metodologiilor ISO/TC 158 seria „Analiza gazelor–Prepararea amestecurilor etalon de gaze", o producție de etaloane obținute prin metoda gravimetrică și o producție relativ mare (cca 2000 buc./an) de etaloane secundare, omologate pe baza STR 13/1987. Acestea din urmă sunt amestecuri gazoase preparate manometric în recipienți-butelii cu capacități cuprinse între (0,3 ...40) l. Este vorba, în special, de amestecuri binare, în diferite rapoarte de concentrație de la 0,1 la 99,9% vol, ale gazelor permanente: H_2, O_2, N_2, CO, C_{1-4}, He, aer, Ar sau ale unor gaze pure lichefiate dozate în etaloane la concentrații care să nu mai permită lichefierea: CO_2, SO_2, NH_3, C_{3-4}. Această producție a fost și este susținută de o muncă de cercetare vizând, în primul rând, diversificarea gamei sortimentale și introducerea unor metode analitice de certificare corespunzătoare. Se consideră că acoperim astfel, în totalitate, necesarul de etaloane în domenii importante ale analizei de gaze, cum sunt: măsurările gazelor de ardere, ale gazelor de eșapament, ale conținutului de alcool etilic în aerul expirat, la stabilirea nivelului pericolului de explozie a unei multitudini de gaze/vapori combustibili, la evaluarea limitelor admise de concentrații ale unor compuși chimice poluanți în aer, la verificarea/etalonarea vaporizatoarelor și dozatoarelor volumetrice de amestecuri de lichide/gaze cu caracter anesteziant folosite în medicină etc.

4 Concluzii

Problematica asigurării preciziei măsurărilor gaz-cromatografice este deosebit de dificilă din mai multe considerente, dintre care amintim doar:

a) complexitatea echipamentelor, generată de gama foarte largă de substanțe analizate, în special a celor cu caracter poluant, cercetate, de regulă, la nivelul concentrațiilor foarte reduse (ppm vol, sau chiar ppb vol) și a performanțelor tehnice deosebite impuse de reglementările tehnice specifice;

b) necesitatea asigurării unei supravegheri atente de către un personal tehnic cu bună pregătire profesională, chiar în condițiile unei validări permanente a funcționării și asigurarea sistematică a operațiilor de mentenanță;

c) necesitatea existenței unei baze foarte diversificate de etaloane de gaze/lichide (materiale de referință certificate), cu dovada asigurării trasabilității la etaloanele de vârf.

În completarea acestei idei, amintim pe dl. profesor **Sandra**, cunsocut specialist în tehnica măsurărilor GC, care aprecia în cadrul unui seminar științific organizat de Societatea de Chimie Analitică din România, în 1993, că deși procedurile de auditare în vederea acreditării sunt foarte severe, numărul laboratoarelor de încercări GC din Europa, pentru care garantează calitatea măsurărilor, chiar la nivel ridicat al concentrațiilor de zeci ppm vol, este de maximum 5.

Cu atât mai grea este sarcina analiștilor GC români care dispun, de regulă, de echipamente depășite tehnic, iar gama concentrațiilor care trebuie măsurate se situează de foarte multe ori la nivele mai joase.

În concluzie, considerăm lucrarea de față ca o introducere în problema asigurării metrologice a GC și se dorește ca ea să constituie o bază de discuție cu specialiști în materie, pentru găsirea cât mai rapidă a soluțiilor tehnice necesare, prin relații de parteneriat.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Ettre L.S.*, The Nomenclature of Chromatography. I. Gas-chromatography, Journal of Chromatography, 165 (1979), 235-256;

[2] *Rojanschi V.*, Implicarea cercetării științifice de specialitate în soluționarea problemelor de protecția mediului, Simpozion al Fundației Române pentru Democrație, Riscuri și politici ecologice în România, București, 1994;

[3] *Huber L.*, Good Laboratory Practice, A Primer for High Performance, Liquid-Chromatography, Capillary, Electrophoresis and UV-Visible Spectroscopy, Hewlett-Packard, 1993.

Preocupări ale INM în legătură cu materialele de referință de concentrație

STELUȚA DUȚĂ
MIRELLA BUZOIANU
CONSTANTIN BOTGROS *)

Abstract: *The paper presents the main fields of measurement where concentration reference materials are used as standards. Some metrological aspects regarding the use of reference spectrophotometric measuring methods (molecular absorption, atomic absorption, flame emission and plasma emission) are also considered in connection with the measurement uncertainty.*

Résumé: *L'article présente les principaux domaines de mesure oú des matériaux de référence de concentration sont utilisés comme des étalons. On discute aussi quelques aspects de l'utilisation des méthodes de mesure spéctrophotométriques de référence (absorption moléculaire, absorption atomique, émission à flamme et émission à plasma) par raport à l'incértitude de mesure.*

Metrologia, ca știință și practică a măsurărilor, își găsește aplicabilitate în cele mai variate domenii ale activității umane. Deși în metrologie se operează în mod obișnuit cu mărimile fizice ale obiectelor, fenomenelor și sistemelor, totuși noțiunea de mărime nu trebuie restrânsă la domeniul fizicii ci pot fi definite mărimi specifice chimiei, chimiei-fizice, biologiei etc.

În practica măsurărilor din domeniul chimiei au devenit indispensabile materialele de referință de concentrație, care sunt materiale sau substanțe cu una sau mai multe valori ale concentrației suficient de omogene și de bine stabilite prin măsurare.

Având în vedere domeniile de mare interes pe plan național și internațional, respectiv cel al protecției mediului, al studiului biosferei, al comerțului internațional și al producției industriale, care presupun efectuarea de măsurări de compoziție chimică – care în cea mai mare parte fac referire la materiale de referință de compoziție chimică a căror mărime măsurabilă este concentrația elementelor chimice conținute în acestea –, se consideră oportună prezentarea preocupărilor INM referitoare la aceste mijloace de măsurare. Ca urmare, sunt indicate trei din domeniile cele mai importante ale activității de metrologie (fig.1) în care sunt implicate materiale de referință de concentrație, care, în conformitate cu Vocabularul internațional de termeni fundamentali și generali de metrologie sunt considerate etaloane:

- **metrologia științifică** se ocupă, în special, de dezvoltarea sistemului național de etaloane, primare și secundare, la nivelul cerințelor impuse de nevoile economiei, astfel ca să fie garantată „materializarea" unităților de măsură în conformitate cu definițiile lor;

- **metrologia legală** se exercită pentru protejarea intereselor cetățenilor privind tranzacțiile comerciale, sănătatea populației și protecția mediului și include activitățile de încercări de model, verificări metrologice, elaborări de norme de metrologie legală;

- **metrologia industrială** cuprinde activități care urmăresc ca toate aparatele de măsurat să aibă caracteristici metrologice în limitele prescrise în manualul de calitate și să li se demonstreze trasabilitatea la etaloanele naționale.

Ca activitate de bază a metrologiei științifice se evidențiază realizarea și perfecționarea etaloanelor naționale, caracterizate și comparate cu etaloane internaționale similare, drept consecință a activității de cercetare științifică în domeniul metrologiei. O activitate importantă în domeniul materialelor de referință este realizarea și perfecționarea unui sistem național de materiale de referință de concentrație, trasabil la unitățile de măsură ale SI, bine caracterizat din punct de vedere metrologic, astfel încât valoarea atribuită concentrației și incertitudinea asociată acesteia să corespundă exigențelor naționale și internaționale, pentru a asigura credibilitate măsurărilor.

*) Institutul Național de Metrologie, șos.Vitan-Bârzești nr.11, sector 6, București

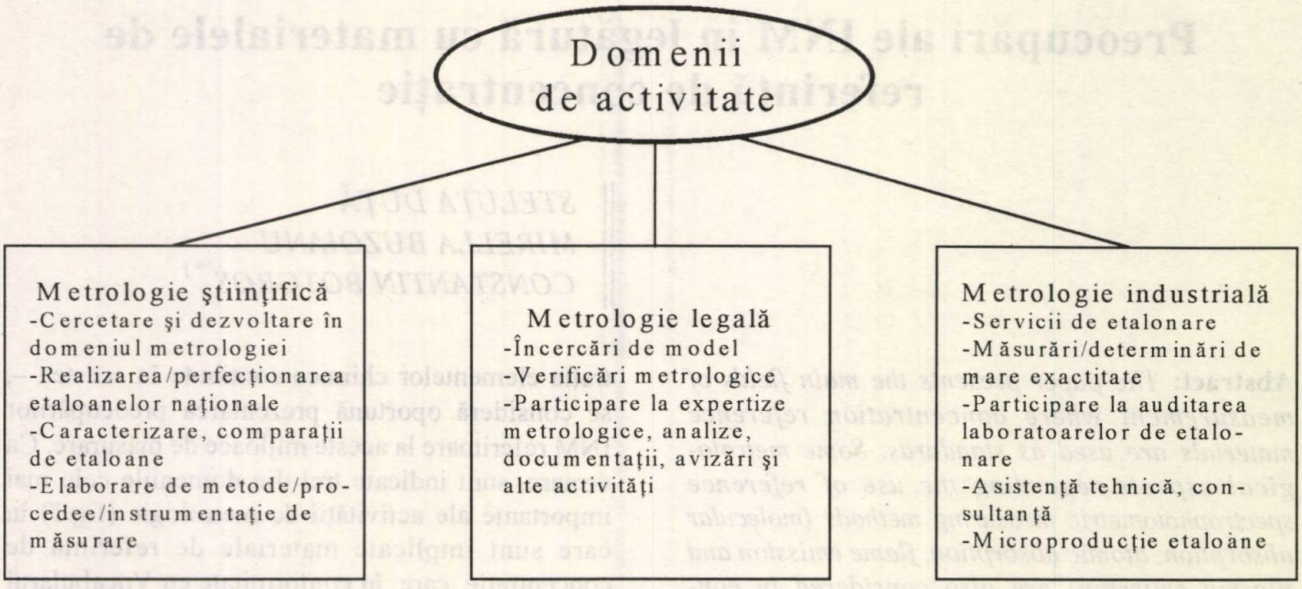


Fig. 1

Pentru realizarea unui anumit tip de material de referinţă sunt necesare informaţii despre utilizarea lui finală, valoarea concentraţiei şi incertitudinea acestei valori, modul de evaluare a omogenităţii şi stabilităţii, de validare a metodelor de măsurare şi de trasabilitate a rezultatelor măsurărilor, tipul mijloacelor de măsurare utilizate, probleme implicate de matricea materialului de referinţă şi de atribuirea valorii concentraţiei şi incertitudinii acesteia, precum şi condiţiile de păstrare, ambalare, transport şi distribuire.

În figura 2 sunt prezentate materialele de referinţă realizate şi caracterizate în cadrul colectivului nostru, utilizate pentru verificarea spectrofotometrelor de absorbţie moleculară şi atomică, mijloace de măsurare frecvent întâlnite în laboratoarele de analiză chimică instrumentală.

Trebuie subliniat faptul că nevoia de materiale de referinţă este în continuă creştere, de aceea se are în vedere realizarea a noi tipuri de materiale de referinţă, în matrice complexă, care să satisfacă cerinţele din domenii importante ale metrologiei legale (poluarea mediului, sănătatea publică etc.) şi metrologiei industriale (metalurgie, chimie). Ca exemplu, se citează, dintre instituţiile internaţionale specializate în realizarea, caracterizarea şi utilizarea materialelor de referinţă, Institutul Naţional de Standarde şi Tehnologie (NIST–S.U.A.),

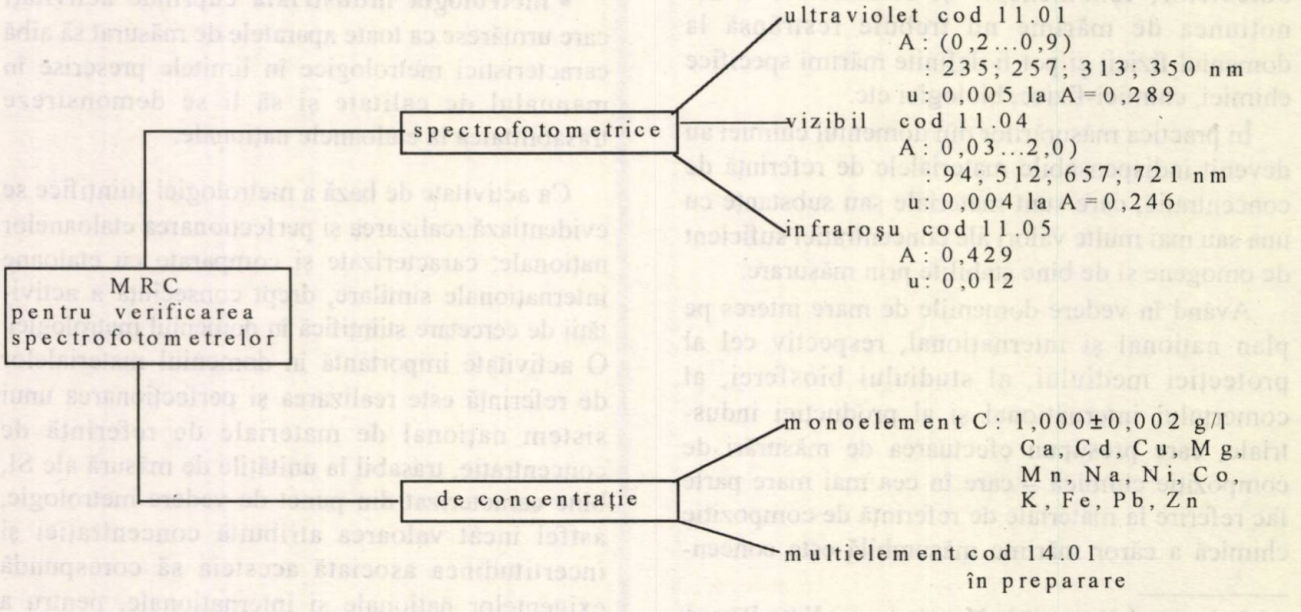


Fig. 2

care are disponibile 1300 materiale de referinţă pentru valori ale proprietăţilor fizice, chimice şi tehnologice, peste 160 noi în preparare, numeroase cereri pentru producerea altora; dintre toate acestea, din categoria materialelor de referinţă de compoziţie chimică sunt realizate peste 800 materiale de referinţă certificate.

O preocupare de bază în domeniul metrologiei materialelor de referinţă o constituie caracterizarea lor metrologică, care presupune stabilirea valorii concentraţiei cu o incertitudine de măsurare corespunzătoare pentru utilizarea finală a acestora. Sunt recunoscute [1] mai multe posibilităţi de măsurare pentru certificarea materialelor de referinţă, adică pentru stabilirea valorilor de concentraţie printr-o metodă care asigură trasabilitatea la realizarea exactă a unităţii de concentraţie şi emiterea unui certificat:

- efectuarea de măsurări prin intermediul unei reţele de laboratoare competente, evaluarea şi prelucrarea statistică a rezultatelor măsurărilor interlaboratoare;
- efectuarea de măsurări printr-o singură metodă de măsurare care are un nivel ştiinţific ridicat, denumită „de definiţie", aplicată în unul sau mai multe laboratoare cu performanţe deosebite;
- efectuarea de măsurări prin două sau mai multe metode de referinţă, interdependente, efectuate într-un singur laborator, şi interpretarea metrologică a rezultatelor măsurărilor.

În lucrările curente efectuate de laboratorul nostru se certifică materiale de referinţă de compoziţie chimică pe baza evaluării şi prelucrării statistico-matematice a rezultatelor măsurărilor interlaboratoare. Exemple: pentru cele solide, sub formă de şpan, pulbere sau pastile de oţeluri, fonte, aliaje neferoase etc. De asemenea, se certifică materiale de referinţă de concentraţie monoelement pe baza metodei de preparare.

În preocupările viitoare referitoare la certificarea materialelor de referinţă de concentraţie se are în vedere punerea de acord a metodologiei actuale de evaluare şi prelucrare statistică a rezultatelor interlaboratoare cu cea prevăzută de standardele naţionale şi internaţionale din domeniu, certificarea prin metode de măsurare „de definiţie" precum şi certificarea materialelor de referinţă pe baza interpretării metrologice a rezultatelor măsurărilor efectuate cu ajutorul metodelor de măsurare de referinţă. În acest ultim caz trebuie să se ia în considerare exactitatea şi repetabilitatea măsurărilor, sursele de erori care afectează rezultatele măsurărilor, factorii de influenţă şi minimalizarea efectelor lor, probleme de matrice, interferenţe etc. (fig.3).

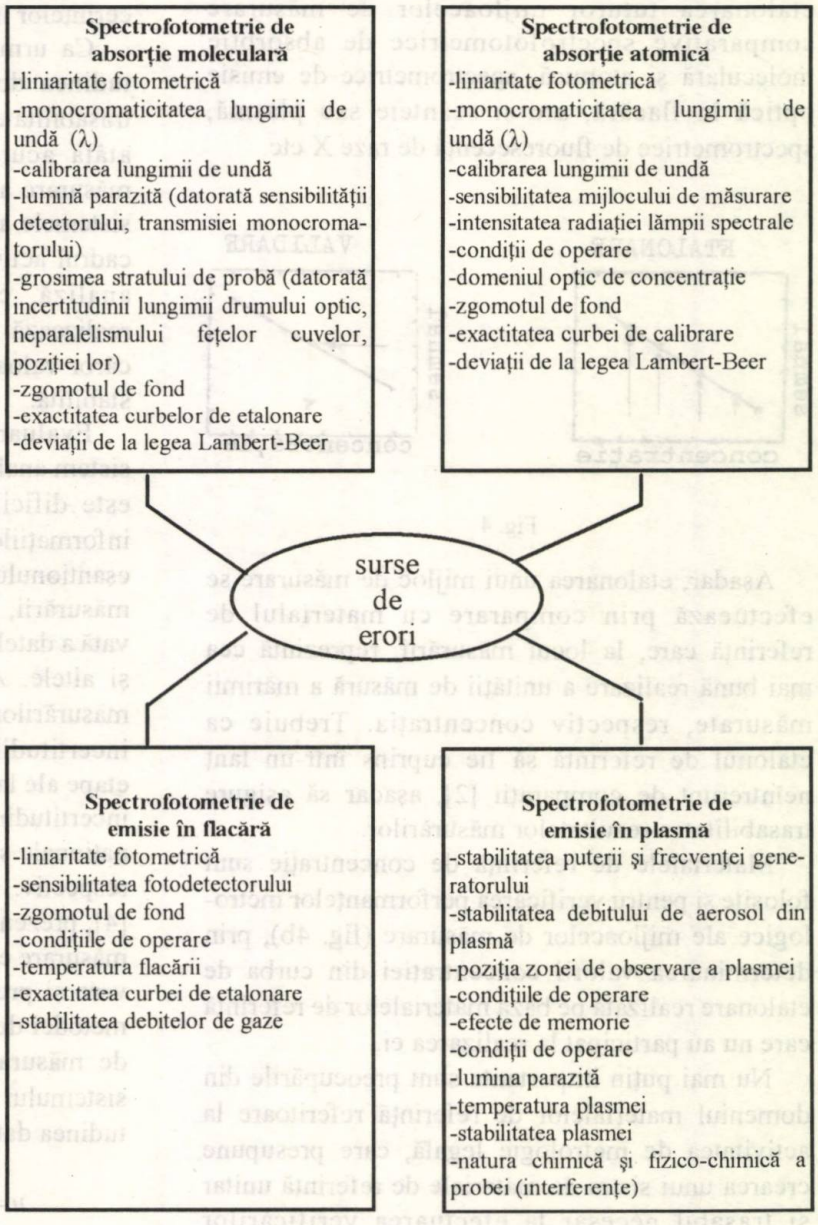


Fig. 3

Având în vedere faptul că materialele de referinţă sunt considerate etaloane, ele sunt destinate transmiterii unităţii de măsură a mărimii pe care o materializează şi conservă, printr-o succesiune de măsurări, până la totalitatea mijloacelor de măsurare utilizate pentru determinarea mărimii respective, asigurând astfel trasabilitatea rezultatelor măsurărilor. Ca urmare, în majoritatea măsurărilor de concentraţie se face etalonarea mijloacelor de măsurare utilizate, adică se stabileşte relaţia care există între valoarea concentraţiei şi valoarea semnului indicat de mijlocul de măsurare respectiv.

Materialele de referinţă de concentraţie sunt folosite în această manieră (fig. 4a) pentru etalonarea tuturor mijloacelor de măsurare comparative spectrofotometrice de absorbţie moleculară şi atomică, spectrometrice de emisie optică în flacără, arc şi scânteie sau plasmă, spectrometrice de fluorescenţă de raze X etc.

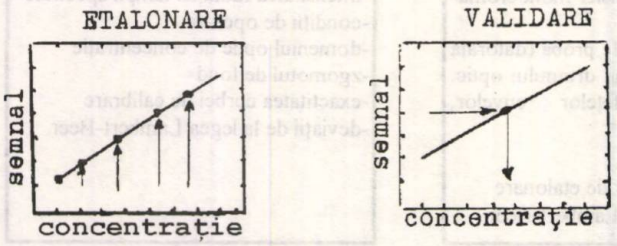


Fig. 4

Aşadar, etalonarea unui mijloc de măsurare se efectuează prin comparare cu materialul de referinţă care, la locul măsurării, reprezintă cea mai bună realizare a unităţii de măsură a mărimii măsurate, respectiv concentraţia. Trebuie ca etalonul de referinţă să fie cuprins într-un lanţ neîntrerupt de comparaţii [2], aşadar să asigure trasabilitatea rezultatelor măsurărilor.

Materialele de referinţă de concentraţie sunt folosite şi pentru verificarea performanţelor metrologice ale mijloacelor de măsurare (fig. 4b), prin determinarea valorii concentraţiei din curba de etalonare realizată pe baza materialelor de referinţă care nu au participat la realizarea ei.

Nu mai puţin importante sunt preocupările din domeniul materialelor de referinţă referitoare la activitatea de metrologie legală, care presupune crearea unui sistm de materiale de referinţă unitar şi trasabil necesar la efectuarea verificărilor metrologice ale mijloacelor de măsurare legale şi încercărilor pentru aprobările de model, cu incertitudini de măsurare care să corespundă reglementărilor în vigoare (metode clinice de analiză, standarde de analiză a poluanţilor din mediul înconjurător) precum şi a normelor de metrologie legală.

În cadrul metrologiei industriale, sunt din ce în ce mai frecvente solicitările beneficiarilor, prin serviciile de etalonare cerute, măsurările de mare exactitate pentru validarea metodelor şi a mijloacelor de măsurare, asistenţa tehnică şi consultanţa în vederea stabilirii incertitudinii de măsurare pentru a realiza trasabilitatea rezultatelor măsurărilor şi credibilitatea lor, impuse de sistemul de acreditare a laboratoarelor de analiză, conform cerinţelor impuse de ISO 9000.

Ca urmarę, necesitatea de a cunoaşte incertitudinea de măsurare, şi, implicit, de a realiza trasabilitatea rezultatelor măsurărilor se pune cu atâta acuitate [3] nu numai în sistemele de măsurare a materialelor de referinţă ci şi în toate sistemele analitice de măsurare, cerinţă impusă în cadrul activităţii de acreditare a laboratoarelor de analiză, care, în cele mai multe cazuri, se realizează cu ajutorul materialelor de referinţă a căror valoare de concentraţie şi incertitudine este stabilită.

Evaluarea incertitudinii de măsurare într-un sistem analitic, ca activitate de bază a metrologiei, este dificilă, deoarece nu sunt cunoscute toate informaţiile referitoare la prelevarea şi pregătirea eşantionului, erori datorate operaţiilor preliminare măsurării, calibrări necesare, neraportarea adecvată a datelor referitoare la eşantionul macroscopic şi altele. Aşadar, rolul metrologiei, ca ştiinţă a măsurărilor, este acela de a determina şi urmări incertitudinea asociată unui rezultat în diferite etape ale lanţului de măsurare, precum şi corelarea incertitudinii cu limitele impuse de reglementările naţionale sau internaţionale ale procesului analitic respectiv. Pentru un sistem analitic de măsurare [4], prezentat schematic în fig. 5, incertitudinea de măsurare este compusă din incertitudinea de prelevare şi pregătire a eşantionului u_E^2, incertitudinea metodei de măsurare u_M^2, incertitudinea mijlocului de măsurare utilizat u_A^2, incertitudinea calibrării sistemului de măsurare u_{CAL}^2, precum şi incertitudinea datorată prelucrării datelor u_D^2.

$$u = k\left[u_E^2 + u_M^2 + u_A^2 + u_{CAL}^2 + u_D^2\right]^{1/2}$$

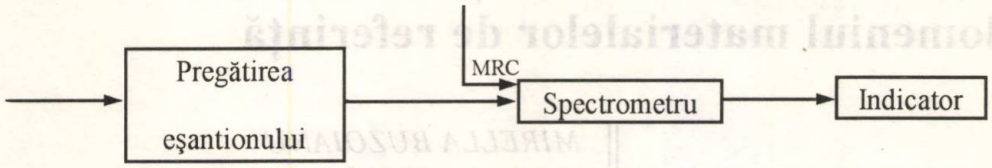


Fig. 5

Evaluarea acestor componente ale incertitudinii presupune cunoaşterea detaliată a procesului analitic şi studiul amănunţit referitor la factorii de influenţă ai sistemului de măsurare considerat.

Şi în domeniul măsurărilor chimice clasice (volumetrice) se aplică acelaşi concept de evaluare a incertitudinii de măsurare; ca exemplu, se prezintă cel studiat de Laboratorul Guvernamental de Chimie-Marea Britanie, privind determinarea concentraţiei unui material de referinţă – soluţie de etanol în apă, concentraţia acestuia fiind determinată prin oxidare cantitativă cu dicromat de potasiu, material de referinţă primar, certificat de NIST. Etapele acestui sistem de măsurare sunt prezentate schematic în fig. 6.

Au fost evaluate incertitudinile datorate reproductibilităţii calibrării soluţiilor precum şi cele datorate chimismului procesului de măsurare (puritatea dicromatului de potasiu, gradul de oxidare, punctul final al titrării) care au condus la o incertitudine globală de 0,7%, valoare care trebuie apreciată ca satisfăcătoare, funcţie de limitele impuse, referitoare la incertitudinea concentraţiei materialului de referinţă etanol utilizat pentru calibrarea mijloacelor de măsurare.

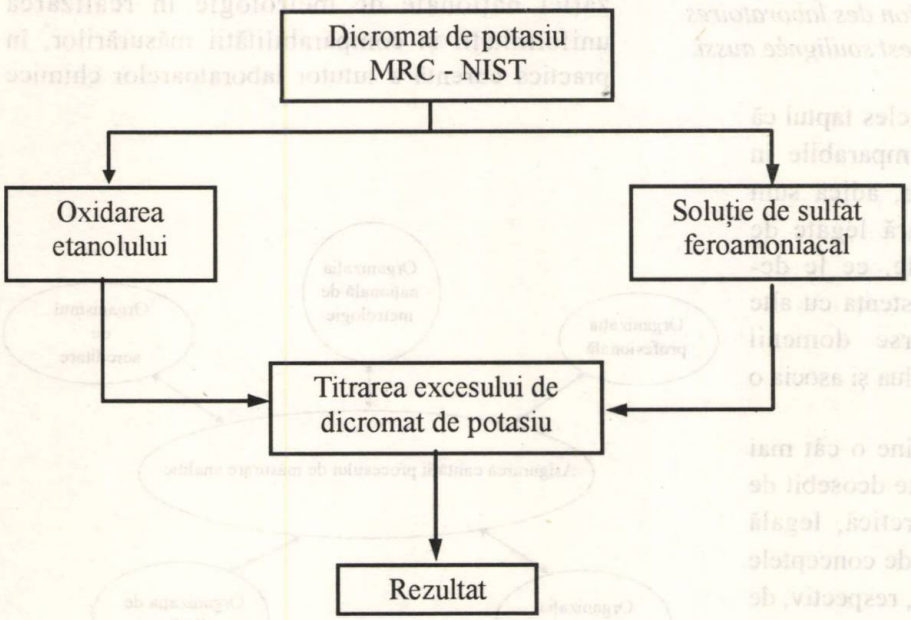


Fig. 6

În concluzie, pentru atribuirea incertitudinii de măsurare a unui anumit sistem de măsurare participă mai mulţi factori, şi anume, organizaţia profesională de profil, organismul de metrologie naţional, organizaţia de calitate a măsurărilor în domeniul respectiv, organismul de acreditare şi organizaţia de standardizare. De aceea, sunt justificate preocupările tot mai susţinute în domeniul materialelor de referinţă de concentraţie [5], care alături de metodele de măsurare validate, personal instruit corespunzător, mijloace de măsurare adecvate, proceduri de asigurare a calităţii şi testări de expertiză, joacă un rol deosebit de important în asigurarea calităţii măsurărilor de concentraţie.

BIBLIOGRAFIE

[1] ISO Guide 35: 1989, Certification of Reference Materials-General and Statistical Principles;

[2] *S. Duţă, C. Botgros*, Rolul şi utilizarea materialelor de referinţă de concentraţie în sistemele de măsurare, Metrologie, vol. 42, nr. 2, 58-61, 1995;

[3] Comité International des Poids et Mesures, CCQM, 1995;

[4] *Williams A.*, Measurement Uncertainty in Chemical Analysis, Analytical Proceedings, June 1993, vol. 30, 248-250;

[5] *Rasberry S. D.*, The Role of Reference Materials in Quality Assurance, Analytical Procedings, Nov. 1990, vol. 27, 296-297.

Cerințe actuale ale trasabilității măsurărilor în domeniul materialelor de referință

MIRELLA BUZOIANU
STELUȚA DUȚĂ
CONSTANTIN BOTGROS *)

Abstract: *The traceability of spectrophotometric concentration measurements to the SI standards is the essential condition of analitic measurements uniformity for the comparisons of results. The paper presents some aspects of the traceability of measurements in the field of reference materials, emphasizing the practical means for its achievement. The importance of the matter in connection with the accreditation of spectrophotometric analysis laboratories is also stressed.*

Résumé: *La traceabilité des mesurages spéctrophotométriques de concentration aux étalons SI représente la condition essentielle d'uniformité des mesurages analytiques pour la comparaison des résultats. L'article présente quelques aspects actuels de la traceabilité des mesurages dans le domaine des materiaux de référence, en soulignant les moyens practiques de réalisation. L'importance de cette problème pour l'accréditation des laboratoires d'analyse spéctrophotométrique est soulignée aussi.*

În etapa actuală este bine înțeles faptul că nu se pot obține măsurări comparabile în lipsa asigurării că sunt exacte, adică sunt exprimate în unități de măsură legate de fenomene fizice fundamentale, ce le determină repetabilitatea și consistența cu alte măsurări efectuate în diverse domenii științifico-tehnice și li se pot evalua și asocia o incertitudine de măsurare.

Această necesitate de a obține o cât mai bună exactitate de măsurare este deosebit de importantă în metrologia teoretică, legală precum și în cea industrială, unde conceptele de „exactitate a măsurărilor" și, respectiv, de „trasabilitate a rezultatelor măsurărilor" sunt utilizate din ce în ce mai mult. În domeniul industrial, din cauza implicațiilor economice deosebite, standardele ISO 9000/EN 29000 referitoare la sistemele de asigurare a calității și cele ISO Guide 25/EN 45001 pentru calibrarea și testarea laboratoarelor, consemnează rolul decisiv al trasabilității măsurărilor la etaloanele naționale.

Preocuparea internațională pentru obținerea unor rezultate analitice comparabile și trasabile s-a manifestat cu deosebire în ultimii ani și în legătură cu sistemele de măsurare chimice, unde sunt implicate o serie de organizații ce acoperă diferite domenii de activitate, așa cum este ilustrat în figura 1, dar și diverse sfere geografice care pornesc de la cele naționale, la cele regionale și până la cele internaționale.

Având în vedere actualitatea problematicii referitoare la asigurarea sistemelor analitice cu o incertitudine cunoscută și rolul cheie al organizației naționale de metrologie în realizarea uniformității și comparabilității măsurărilor, în practica curentă a tututor laboratoarelor chimice

Fig. 1

*) Institutul Național de Metrologie, șos. Vitan-Bârzești nr. 11, sector 4, București.

de analiză, a devenit obișnuită cerința calibrării mijloacelor de măsurare față de etaloanele de lucru care, la rândul lor, sunt etaloane față de etaloanele secundare sau primare aflate în institutul de metrologie național. Această abilitate de a lega măsurările la etaloanele de ordin superior, printr-un lanț neîntrerupt de calibrări, pune în evidență trasabilitatea măsurărilor și condiționează realizarea unor măsurări exacte și comparabile.

Conceptele de trasare și, respectiv, de trasabilitate, ca noțiuni fundamentale ale științei măsurărilor, au fost dezvoltate în metrologia în chimie începând cu anul 1993, an ce a marcat crearea Comitetului Consultativ pentru Cantitatea de Substanță de pe lângă Comitetul Internațional pentru Măsuri și Greutăți. Acest Comitet nou înființat, ce confirmă o dată în plus locul și rolul cantității de substanță și a molului ca mărime și, respectiv, unitate de măsură fundamentală a Sistemului Internațional de Unități, are drept misiune principală – aceea de a rezolva problema trasabilității măsurărilor chimice cantitative, inclusiv a materialelor de referință utilizate pentru aceasta.

Deoarece aspectele generale ale trasabilității materialelor de referință au fost prezentate anterior [3], în cele ce urmează se vor prezenta câteva aspecte actuale ale preocupărilor din acest domeniu.

Prin definiție [2], trasabilitatea este proprietatea rezultatului unei măsurări sau a unei valori a unui etalon de a putea fi raportate la referințe stabilite, de regulă naționale sau internaționale, prin intermediul unui lanț neîntrerupt de comparații având toate incertitudinile determinate.

Maniera în care se efectuează racordarea la etaloanele naționale sau internaționale este denumită trasarea la etaloane.

În principiu, trasabilitata este esențială în două situații și anume când trebuie comparate rezultatele diferitelor măsurări efectuate și, respectiv, când este necesară atribuirea incertitudinii de măsurare într-o manieră semnificativă.

Sistemul de unități la care trebuie racordate toate măsurările este Sistemul Internațional de Unități (SI), bazat pe șapte unități fundamentale și un număr de unități derivate, deduse coerent din primele și la care acestea sunt trasabile, precum și două unități suplimentare.

În general, trasabilitatea rezultatelor măsurărilor și, implicit, exactitatea măsurărilor este asigurată prin activitatea institutului de metrologie național, care realizează și disemnează unitatea de măsură a unei mărimi A, așa cum este prezentat în figura 2.

Termenul de „trasabilitate verticală" [4] caracterizează condițiile necesare în cazul ideal al trasabilității unui măsurand și anume schema de ierarhizare a etaloanelor și a incertitudinilor și lanțul neîntrerupt de comparații. În practică, însă, este necesară o asigurare suplimentară a trasabilității prin intermediul unei „condiții suficiente" ce este îndeplinită prin realizarea unei intercomparări. Această „trasabilitate orizontală" [4] este, deci, bazată pe comparări interlaboratoare în care etaloanele și incertitudinile utilizate sunt de același nivel.

În cadrul lanțului de trasare descris este evident că incertitudinea măsurării crește considerabil în jos datorită măsurărilor de racordare necesare, precum și a etaloanelor utilizate în fiecare etapă. De asemenea, modalitatea de realizare a trasabilității valorii unui etalon diferă pentru fiecare unitate fundamentală SI în parte, întrucât ea depinde de principiul fizic ce stă la baza definirii unității respective.

În ceea ce privește mărimile fizice, problemele de trasabilitate sunt în mare parte rezolvate și programele de asigurare a măsurărilor pentru minimizarea incertitudinii de măsurare sunt clare. Aici, trasabilitatea implică existența etalonului primar și a lanțului continuu prin care să se poată atribui valoarea măsurandului și incertitudinea corespunzătoare de determinare a acesteia.

În metrologia în chimie, măsurarea analitică implică atât etaloane fizice cât și etaloane chimice -- materiale de referință de concentrație și compoziție chimică cu rol determinant atât pentru calibrare, validare, precum și pentru măsurare. Așa cum s-a ilustrat în [3], principalele verigi ale lanțului de trasabilitate în acest domeniu sunt unitățile fundamentale SI de masă (kilogram) și cantitate de substanță (mol), etaloanele primare de masă, masele atomice relative, materialele de referință chimic pure, metodele primare (spectrometria de masă cu diluție izotopică, gravimetria, volumetria, coulometria, determinarea scăderii punctului de congelare), materialele de referință matrice, metodele și materialele de referință secundare și, respectiv, metodele și materialele de referință de lucru.

În sensul său cel mai general, un material de referință de concentrație sau compoziție chimică este o substanță solidă, lichidă sau gazoasă având

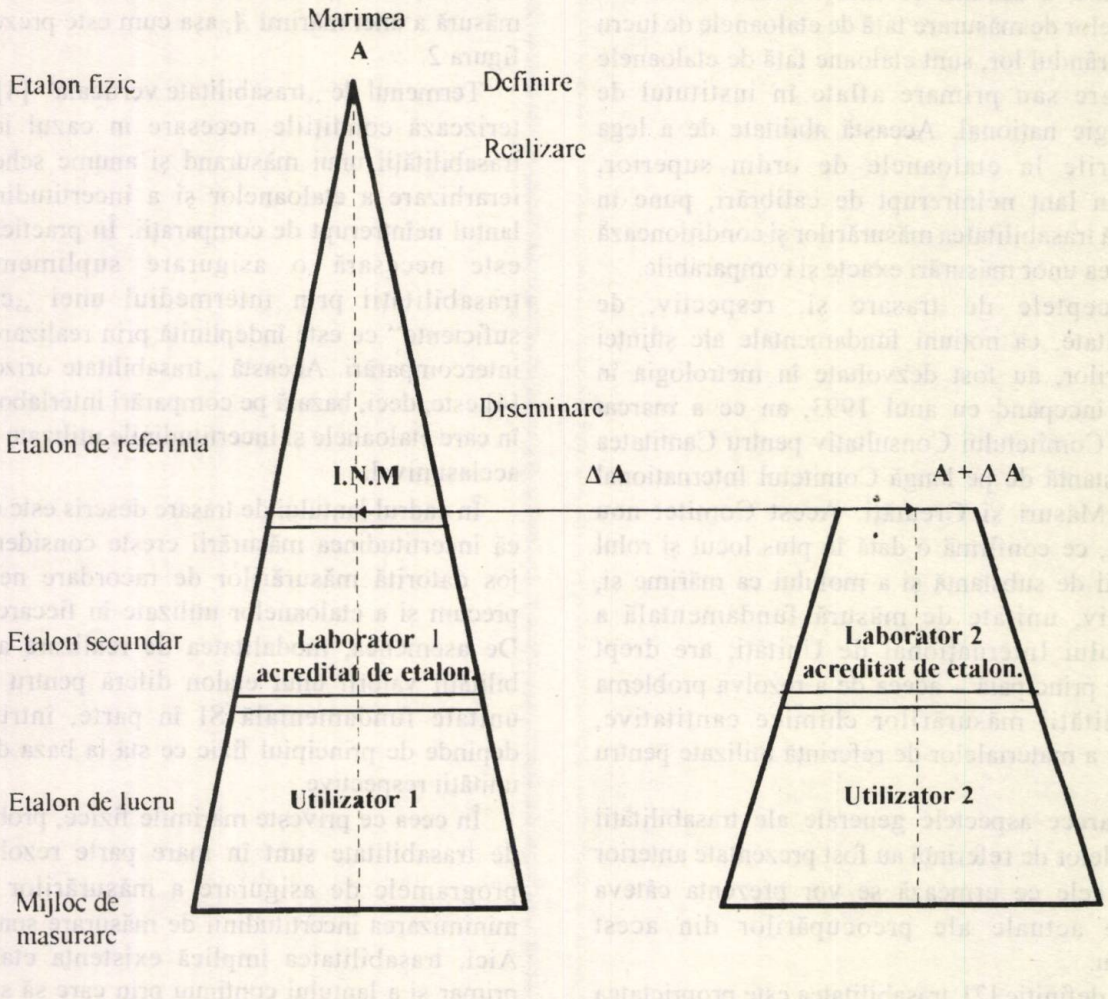


Fig. 2

concentrația masică sau molară a unuia sau mai multor elemente chimice stabilită suficient de bine pentru a fi utilizat la calibrarea unui mijloc chimic de măsurare sau pentru a valida un proces analitic. În funcție de modul de certificare a proprietății, a incertitudinii asociate și a nivelului de utilizare, materialele de referință de concentrație pot fi primare, secundare și de lucru, ajungându-se astăzi la peste 20000 materiale certificate disponibile pentru comercializare. În ciuda numărului mare de astfel de materiale de referință certificate din punct de vedere al matricei chimice, se disting 14 clase principale din care cele mai întâlnite în metrologia legală și în cea industrială sunt cele ilustrate în figura 3.

Câteva exemple practice de stabilire a trasabilității valorilor certificate pentru 4 tipuri reprezentative de materiale de referință de concentrație sunt după cum urmează:

A) Materiale de referință tip aliaje metalice: În această categorie sunt cuprinse cele mai multe materiale de referință certificate, în majoritate, printr-o procedură bazată pe analiza interlaboratoare conform unei metode de referință. Ca urmare, premergător oricărei certificări este necesară stabilirea fidelității metodei alese. După aceea, metoda de măsurare implică dizolvarea aliajului care trebuie să nu introducă întreruperi ale lanțului și, mai ales, luarea în considerare a matricei pentru realizarea soluțiilor sintetice de compoziție similară aliajului și preparate din metale spectroscopic pure – etaloanele primare. Pentru constituenții nemetalici ai aliajelor se pleacă de la compuși foarte puri și de stoichiometrie cunoscută (de exemplu carbonatul de calciu pentru carbon, oxizii metalici pentru oxigen și fosfatul monopotasic pentru fosfor). Materialele de referință certificate pe baza unei metode de referință cu fidelitate stabilită și a unor metale spectroscopic pure constituie, la rândul lor, etaloanele secundare care servesc la certificarea materialelor de referință de lucru.

B) Materialele de referinţă de puritate avansată: În mod obişnuit nu este posibilă determinarea cu exactitate suficient de bună a unei valori de „puritate" semnificativă a constituentului major, cu excepţia substanţelor la care se poate utiliza metoda titrimetrică exactă. Metodele bazate pe caracteristica de topire permit determinarea concentraţiei impurităţii, dar se aplică doar în cazul în care substanţa este stabilă la temperatura sa de topire; sistemul este ideal şi când impurităţile prezente nu formează soluţii solide cu componentul major. Din aceste cauze, chimiştii analişti trebuie să analizeze, să izoleze şi să determine fiecare impuritate în parte printr-o tehnică analitică disponibilă (cromatografică de exemplu). Dar aici intervine o altă problemă, de egală importanţă cu determinarea impurităţii, şi anume aceea a identificării ei şi stabilirea trasabilităţii devine mai complexă.

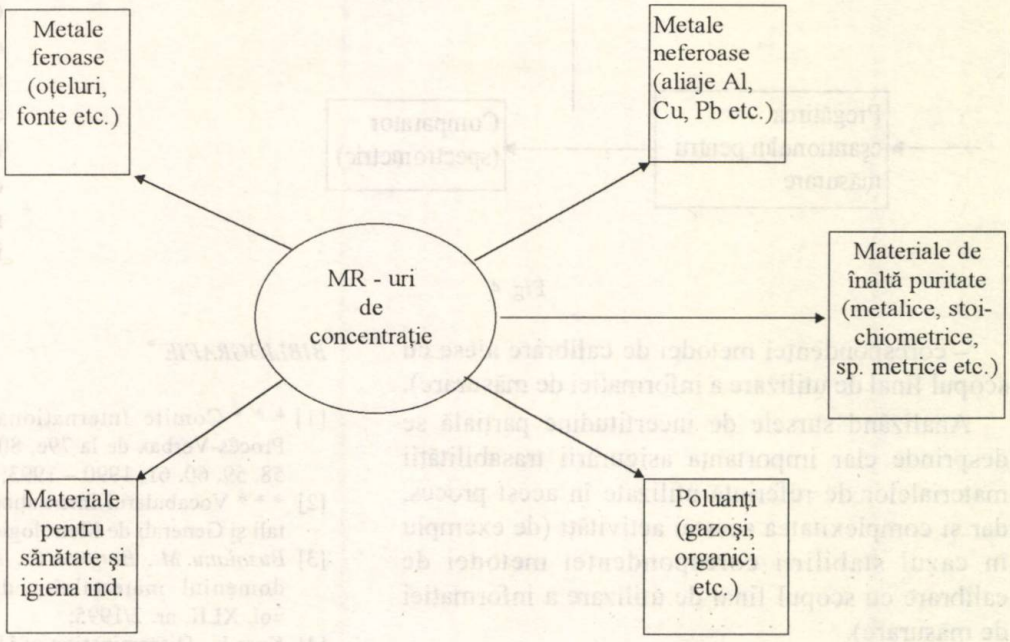


Fig. 3. Trasabilitatea în acest domeniu implică ierarhizarea materialelor de referinţă după natura lor şi, apoi, în termeni de trasabilitate. Sunt stabilite, astfel, 8 caregorii (de înaltă puritate, reactivi primari, pure, tip matrice etc.) şi 5 clase [7].

C) Materiale de referinţă în matrice apoasă: Această categorie de materiale, întâlnită şi sub denumirea de soluţii spectrometrice şi inclusă în rândul materialelor de înaltă puritate, este deosebit de importantă pentru măsurarea spectrofotometrică a concentraţie masice şi molare. În acest caz, problema trasabilităţii este complet rezolvată prin aceea că metodele absolute de măsurare a masei atomice asigură o incertitudine de măsurare corespunzătoare. O schemă de trasabilitate în acest domeniu este discutată pe larg în [3].

D) Materiale de referinţă organice în matrice organică sau apoasă: În această categorie de materiale sunt cuprinşi poluanţi în concentraţie de ppm sau mai mică în matrice organică (de exemplu PCB şi dioximele în grăsimile animale), anorganică (de exemplu pesticide în apa potabilă sau cea de suprafaţă) sau biologică (de exemplu colesterolul în sânge) şi trasabilitatea este cel mai dificil de realizat. În principiu, spectrometria de masă ca metodă primară de măsurare poate asigura o incertitudine de măsurare corespunzătoare. În plus, în aceste cazuri, sunt necesare o serie de alte substanţe care se comportă în aceeaşi manieră cu analitul în procesele de extracţie şi separate absolut indispensabile în aceste situaţii. În acest caz, deci, problema de bază este asigurarea lanţului neîntrerupt de comparaţii.

Aşa cum s-a stabilit deja, elementul esenţial al lanţului de trasabilitate îl constituie evaluarea incertitudinii de măsurare la fiecare nivel. Astfel, pentru sistemul de măsurare reprezentat în figura 4, considerat în starea de control statistic, incertitudinea de măsurare globală este determinată de incertitudinile parţiale introduse de fiecare parte componentă a sistemului.

Pentru simplificare, în figura 4 nu a fost reprezentată prelevarea eşantionului analizat, a cărei incertitudine trebuie, însă, luată în calculul incertitudinii globale.

Incertitudinea globală de măsurare se determină pe baza incertitudinilor parţiale ale:

– modului de calibrare a sistemului (fie cu un material de referinţă certificat, fie prin adiţie de substanţă cunoscută unei probe necunoscute, fie cu un material de înaltă puritate introdus în punctul *B*).

– etalonului de calibrare utilizat,

– reproductibilităţii calibrării instrumentale,

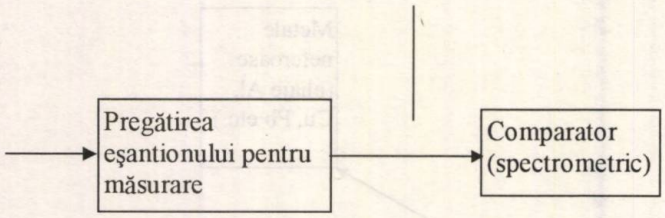


Fig. 4

– corespondenţei metodei de calibrare alese cu scopul final de utilizare a informaţiei de măsurare).

Analizând sursele de incertitudine parţială se desprinde clar importanţa asigurării trasabilităţii materialelor de referinţă utilizate în acest proces, dar şi complexitatea acestei activităţi (de exemplu în cazul stabilirii corespondenţei metodei de calibrare cu scopul final de utilizare a informaţiei de măsurare).

Având în vedere multiplele faţete ale trasabilităţii materialelor de referinţă de concentraţie, ca o componentă esenţială a metrologiei cantităţii de substanţă, se apreciază necesitatea stabilirii unor noi relaţii cu etaloane şi materiale primare şi punerea de acord şi îmbunătăţirea incertitudinii metodelor instrumentale de măsurare existente. De asemenea, prin participarea la intercomparările organizate de Comitetul Consultativ pentru Cantitatea de Substanţă, este posibilă realizarea şi a dezideratului de comparabilitate naţională a măsurărilor de concentraţie, atât de importante şi necesare în ultimul timp.

BIBLIOGRAFIE *

[1] * * * Comité International des Poids et Mesures, Procês-Verbax de la 79e, 80e, 81e et 82e session, tome 58, 59, 60, 61, 1990 – 1993;
[2] * * * Vocabularul Internaţional de Termeni Fundamentali şi Generali de Metrologie, SR 13251–1995;
[3] *Buzoianu M., Botgros C.*, Aspecte ale trasabilităţii în domeniul materialelor de referinţă, Metrologie, vol. XLII, nr. 2/1995;
[4] *Kose V.*, Dissemination of Units in Europe, Traceability and its Assurance in a National and Regional Context, Metrologia, 31, 457-466, 1944/1995;
[5] *Marchal M.A.*, La mole – de la definition à l'utilisateur, L'actualité Chimique, 30-34, 1979;
[6] *Taylor J.K.*, Handbook for Users, NBS Special Publication, 260-100, 1985.
[7] de Bicore P., Quinn I. J., Measurement Principles for Traceability in Chemical Analysis in Accreditation and Quality Assurance, 1996.

Aparat numeric pentru măsurarea resturilor combustibile din amestecurile gazoase şi semnalizarea pericolului de explozie

CONSTANTIN VLAICU *)

Abstract: *The instrument uses a catalytic combustion analyser and can measure fuel residues mixed with air, in order to signal the danger of explosion. The danger of explosion is signaled visually or acoustically by activating several contacts which makes it possible to attach the instrument to an automatic surveillance system. A current (4 ... 20) mA analogic output offers the possibility to attach a recorder while the 3 digit voltmeter output enables data transfer to a computer aided surveillance system.*

Résumé: *L'appareil utilisant un analyseur à combustion catalytique est destiné pour le mesurage des restes combustibles mêlés avec l'air, en vue de signaler le danger d'explosion. Le danger d'explosion est signalé visuellment ou acoustique par fermer quelques contacts, ce qui permet l'accouplement de l'appareil avec un système automatique de surveillance. Un sortie analogique de courant (4 ... 20) mA permet l'accouplement d'un*

*) Universitatea „Politehnica" Bucureşti, facultatea de Electrotehnică, Splaiul Independeţei 313.

enrégistrateur et la sortie pour voltmètre numérique à trois ciffres permet le transfer des données à un système de surveillance contrôlé par ordinateur.

Introducere

Numeroase substanţe gazoase sau sub formă de vapori, în amestec cu aerul, pot cauza explozii fie ca urmare a unor neetanşeităţi, fie datorită ventilaţiei insuficiente. Ele sunt prezente în numeroase locuri de muncă: industria chimică, petrolieră, vopsitorii, mine etc.

Aparatul se utilizează pentru indicarea şi semnalizarea pericolului de explozie pentru un component sau pentru grupe de substanţe combustibile, calibrându-se în acest caz pentru substanţa care dă cel mai mic semnal din grupa respectivă.

Datorită utilizării catalizatorului cu oxid negru de platină, analizorul nu se foloseşte în atmosferă cu agenţi corozivi sau produşi volatili ce conţin sulf, fosfor, arseniu sau plumb.

Aparatul sesizează şi măsoară concentraţiile în aer de gaze sau vapori încă în momentul în care acestea se află în limitele valorii inferioare care poate conduce la explozie.

Un astfel de aparat, realizat în cadrul laboratorului de Măsurări Electrice al facultăţii de Electrotehnică este prezentat în continuare.

1 Consideraţii generale

Concentraţia unui component într-un amestec de gaz se poate exprima în mai multe moduri [1]:

• *fracţia molară* (x_i) – este raportul între numărul de moli (n_i) ai unui component şi numărul total de moli ai amestecului:

$$x_i = \frac{n_i}{\Sigma n_i} \times 100 \quad \% \qquad (1)$$

• *procent de volum* (% vol) – este raportul, exprimat în procente, dintre volumul unui gaz dintr-un amestec (v) şi volumul total al amestecului, aflate în aceleaşi condiţii de stare:

$$c\,(\%\ vol) = \frac{v_i}{\Sigma v_i} \times 100 \qquad (2)$$

• *gram pe metru cub* (g/m^3) – cantitatea exprimată în grame, a unui component gazos sau sub formă de vapori la un metru cub de amestec, aflate în condiţii stabilite de temperatură şi presiune; unităţi echivalente: mg/dm^3, mg la litru.

În ceea ce priveşte mijloacele şi metodele de măsurare se cunosc analizoare de gaze de diferite tipuri bazate pe principii de măsurare diferite cum ar fi: analizoare termoconductimetrice bazate pe conductibilitatea diferită a unor gaze faţă de altele, analizoare bazate pe absorbţia diferenţiată a radiaţiilor infraroşii, analizoare bazate pe efectul termic al arderii catalitice a gazului combustibil, analizoare interferometrice, analizoare cu absorbţie chimică, cu efect electrochimic, cu ionizare etc. [1,2,3,4].

Pentru măsurarea şi semnalizarea pericolului de explozie al unor amestecuri de gaze combustibile în aer s-a impus, ca cel mai potrivit, principiul arderii termocatalitice, datorită simplităţii în exploatare şi a preciziei bune de măsurare. Semnalul de la ieşirea traductorului este uşor de prelucrat, se pot semnaliza unul sau două limite de pericol pe cale luminoasă sau acustică.

Singurul lor inconvenient este curentul relativ mare necesar preîncălzirii filamentelor (200 ... 500 mA) pentru a se produce arderea catalitică.

Avantajele fiind preponderente, aceste tipuri de aparate sunt foarte utilizate în practică.

În ceea ce priveşte intervalul de măsurare se pot întâlni aparate cu scara gradată în procente de volum (% vol.), în procente din limita inferioară de explozie (% LIE) sau în g/m^3 sau mg la litru.

Aparatul realizat este conceput pentru măsurarea şi avertizarea pericolului de explozie, de aceea este gradat în % LIE, are transmitere la distanţă sub formă de curent, măsoară continuu, afişarea fiind sub formă numerică, şi poate fi reglat pentru orice gaz combustibil în amestec cu aerul. Prin contacte auxiliare poate declanşa o alarmă acustică, luminoasă sau de ambele feluri.

2 Schema funcţională a aparatului

Aparatul realizat este format din următoarele părţi mai importante: analizorul cu schema de măsurare, blocul de temporizare, schema de prelucrare a semnalului de măsurare, blocul de protecţie şi test, blocul de afişare şi semnalizare şi blocul de alimentare de la reţea.

În cadrul blocului (A) de alimentare se disting, pe lângă transformator, redresor şi filtru, o sursă de tensiune constantă (STC) pentru celelalte părţi componente ale montajului şi o sursă de curent constant (SCC), necesară alimentării filamentelor din platină ale senzorului.

Blocul de protecţie are rolul de a semnaliza situaţia când filamentele sau cablul de legătură dintre senzor şi aparat sunt întrerupte, iar blocul de test este destinat verificării periodice a aparatului

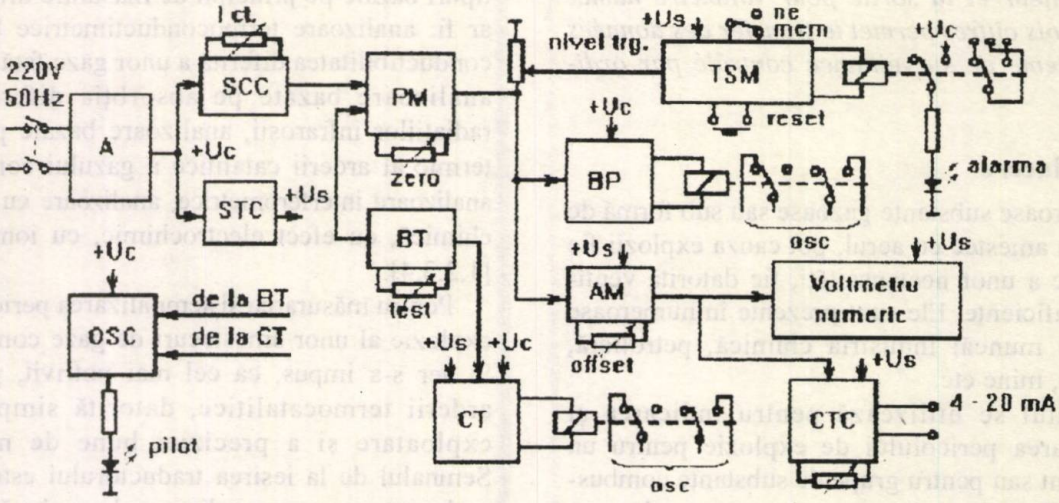


Fig. 1. Schema funcțională

fără decuplarea senzorului, ca și reglajul pragului de alarmare pentru LIE.

Analizorul este inclus într-o punte (PM) în care pe o latură se află firul de platină acoperit cu catalizator de ardere, pe altă latură adiacentă se află firul de platină de referință, iar pe celelalte laturi două rezistențe constante și un potențiometru de aducere la echilibru a punții.

Blocul de temporizare are rolul de a semnaliza perioada de preîncălzire a filamentelor, când aparatul nu este încă gata de lucru, prin aprinderea intermitentă a unui LED cu frecvența de 0,5 Hz. Schema de prelucrare a semnalului de măsurare este compusă dintr-un amplificator de măsurare și un convertor tensiune-curent pentru transmiterea la distanță a informației.

Schema de semnalizare a pericolului de explozie include un trigger Schmidt cu prag reglabil și un releu cu mai multe perechi de contacte. El acționează și LED-ul de semnalizare schimbând frecvența oscilatorului ce îl alimentează la 1 Hz.

În sfârșit, blocul de afișare este format dintr-un voltmetru integrat de 3 digiți cu gama de 999 mV care poate fi cuplat printr-o mică interfață la orice port paralel al unui calculator, în cazul monitorizării supravegherii pericolului de explozie.

3 Puntea de măsurare și sursa de curent constant

Cele două fire de platină, firul activ și firul de referință, sunt incluse, împreună cu două rezistențe, într-o punte Wheatstone ce lucrează în regim dezechilibrat. Pentru echilibrare inițială a punții este prevăzut un potențiometru de reglaj P_1.

Puntea este alimentată cu curent constant de 200 mA care asigură preîncălzirea filamentelor. Filamentul de măsurare este înconjurat de un tub ceramic poros acoperit cu negru de platină, catalizator de ardere, care va încălzi suplimentar acest filament, proporțional cu gazele arse din amestec. Celălalt filament, identic cu primul, este protejat de un tub ceramic identic, dar neacoperit cu catalizator. El constituie referința, deoarece în unele cazuri temperatura amestecului de gaze poate varia în limite largi.

Schema de alimentare cu curent constant a punții este originală și ea asigură, cu mijloace simple, atât reglajul curentului cât și menținerea curentului constant prin filamente.

Filamentele utilizate au rezistența de 16 Ω, iar filamentul încălzit la LIE poate să-și modifice rezistența cu max. 4 Ω. Cu valori de 1,8 kΩ pentru rezistențele fixe ale punții, se obține o tensiune de dezechilibru de 0,4 V.

Potențiometrul de reglaj al echilibrului inițial al punții s-a ales de P_1=1 kΩ. Rezistența R_3 prin care puntea este legată la masă s-a ales de 8 Ω și ea servește, după cum se va vedea, la menținerea curentului constant prin filamente.

Sursa de curent constant este realizată cu circuitul integrat βA 723 utilizat într-o schemă specială (vezi fig. 2).

Pe intrarea sa neinversoare se aplică circuitul de reglaj al curentului format din R_4, P_2 și R_5, iar pe intrarea inversoare căderea de tensiune pe rezis-

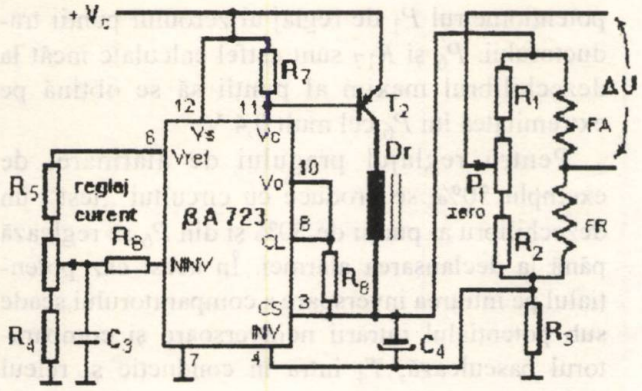


Fig. 2. Puntea de măsurare și sursa de curent constant.

tența R_3 prin care trece curentul total al punții ce trebuie menținut constant.

Orice tendință de variație a curentului prin punte, datorită variației rezistenței filamentului activ, va conduce la variația tensiunii pe rezistența de reacție și va atrage după sine variația tensiunii furnizate de tranzistorul regulator T_2 în sensul menținerii constante a tensiunii pe rezistența R_3, deci a curentului prin punte.

Condensatoarele din schemă C_3 și C_4, ca și droselul *Dr*, asigură filtrarea și împiedică intrarea în oscilație a stabilizatorului de curent.

Dimensionarea elementelor din schemă a condus la următoarele valori: $R_4 = 4{,}7$ kΩ; $R_5 = 1{,}1$ kΩ; $P_2 = 1$ kΩ; $C_3 = 470$ nF; $C_4 = 2{,}2$ μF. Se obține un reglaj al curentului constant între 150 mA și 250 mA.

4 Amplificatorul de măsurare și convertorul tensiune-curent

Amplificatorul de măsurare are rolul de a amplifica semnalul cules de la punte pentru al aduce la nivelul cerut de voltmetrul numeric integrat (1 V). Același semnal este folosit și de convertorul tensiune-curent (4 ... 20 mA).

Semnalul de la punte trebuie amplificat diferențial, astfel că el este aplicat pe ambele intrări ale unui amplificator operațional (tip βM 108) cu impedanță mare de intrare și derivă mică cu temperatura AO1 (fig. 3).

Acestuia i se conferă și un caracter integrator, pentru a rejecta zgomotele de frecvență ridicată, prin plasarea în reacție a unui condensator C_5.

Amplificarea necesară în curent continuu ar fi de 2,5 dar din motive de reglaj s-a adoptat o valoare de cca. 2 ori mai mare:

$$A_d = \frac{R_{10}}{R_{11}} = 4{,}7 \qquad (3)$$

unde cu A_d s-a notat amplificarea diferențială în curent continuu.

Constanta de integrare $C = 1/R_{10}C_5$ s-a ales egală cu 1000, pentru o bună rejecție a frecvențelor superioare. Pentru o bună rejecție de mod comun se iau de valori egale rezistoarele $R_{10} = R_{11}$ și $R_{12} = R_{13}$. Se reglează de asemenea cu grijă și offsetul amplificatorului, rămând ca sursă de erori numai deriva termică, mică la tipul de AO ales (5 μV/°C), [6].

Pentru calibrare, se reglează mai întâi zeroul punții din P_1 și apoi, din P_3, se ajustează 100% LIE pentru un dezechilibru maxim al punții de 0,4 V provocat cu ajutorul blocului „Test".

Pentru transmiterea la distanță a informației, sau cuplarea unui înregistrator, în cazul unei funcționări continue, aparatul este prevăzut cu un convertor tensiune-curent realizat cu un amplificator operațional și un tranzistor (AO2 și T3). Curentul variază liniar între 4 și 20 mA pentru variația semnalului între 0 și 100% LIE.

Potențialul în emitorul lui T_3 este:

$$V_E = V_0 - V_{BE} = I_r R_e + I_r R_{15} + V_z \qquad (4)$$

unde:

V_0 tensiunea la ieșirea AO1;
V_{BE} tensiunea bază-emitor;
I_r curentul de ieșire;
R_e rezistența exterioară;
V_Z tensiunea Zener pe dioda Dz.

Rezultă, înlocuind expresia lui V_0:

$$A\,[R_{15}I_r + V_Z - V_{IN}\,] - V_{BE} =$$
$$= I_r(R_e + R_{15}) + V_Z \qquad (5)$$

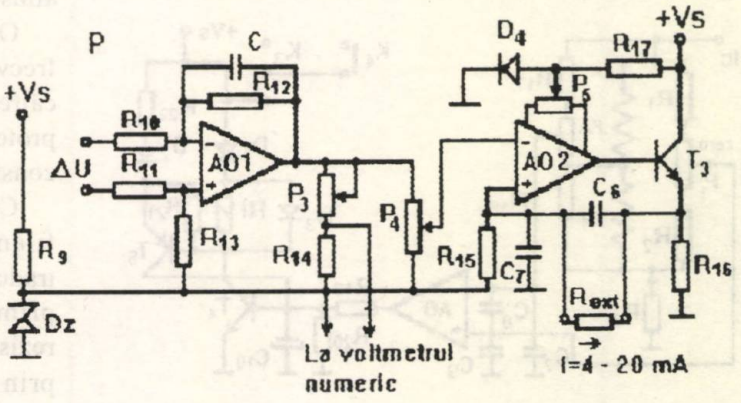


Fig. 3. Schema amplificatorului de măsurare și a convertorului tensiune-curent.

unde:

A amplificarea în buclă deschisă a AO;

V_{IN} tensiunea aplicată de la amplificatorul de măsurare prin P_4.

Deoarece $A \approx 10^5$, se deduce:

$$R_{15}I_r + V_Z - V_{IN} = \frac{V_{BE}}{A} + \frac{I_r(R_e + R_{15})}{A} + \frac{V_Z}{A} \approx 0 \qquad (6)$$

Rezultă:

$$I_r = \frac{V_{IN} - V_Z}{R_{15}} \qquad (7)$$

Deoarece V_Z și R_{15} au valori constante, rezultă că acest curent depinde numai de V_{IN}.

Pentru reglajul limitei inferioare a curentului se utilizează circuitul de reglaj al offsetului (pot. P_5) alimentat cu căderea de tensiune de pe dioda D_4 de cca. + 0,6 V, mult mai mică decât V_Z = + 3,9 V, ce lucrează ca un stabilizator de tensiune mică. Alimentată prin rezistența R_{23} = 10 kΩ, ea este parcursă de un curent de cca. 2,5 mA.

5 Blocul de alarmare și avertizare

Este realizat după o schemă simplă cu un comparator C realizat cu AO ce comandă prin intermediul unui tranzistor T_4 un releu ce închide o serie de contacte și un circuit de memorare a stării de alarmă format din tranzistorul T_5 care, la dorință, blochează sistemul de alarmă continuă, odată ce s-a depășit pragul de alarmare. Pentru întreruperea alarmei se acționează K_3 care întrerupe alimentarea tranzistorului T_5 (fig. 4).

Semnalul pentru comparator se culege de pe potențiometrul P_6 aflat în paralel cu FA și de pe

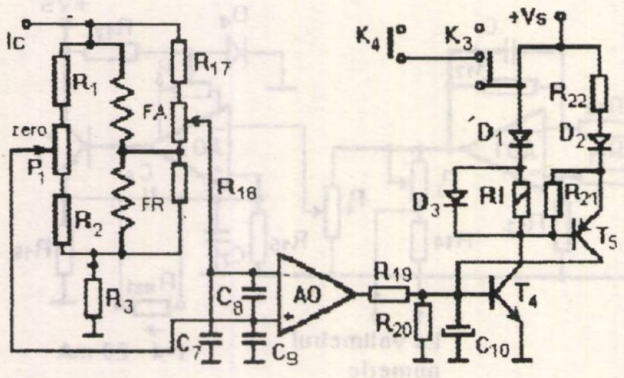


Fig. 4. Schema blocului de alarmare.

potențiometrul P_1 de reglaj al zeroului punții traductorului. P_6 și R_{17} sunt astfel calculate încât la dezechilibrul maxim al punții să se obțină pe extremitatea lui P_6 cel mult 0,4 V.

Pentru reglajul pragului de alarmare, de exemplu 50%, se produce cu circuitul „test" un dezechilibru al punții de 50% și din P_6 se reglează până la declanșarea alarmei. În acest caz potențialul pe intrarea inversoare a comparatorului scade sub potențialul intrării neinversoare și comparatorul basculează, T_4 intră în conducție și releul închide contactele de alarmare inclusiv alimentarea unui LED de pe panoul frontal al aparatului. Dacă s-a trecut K_4 pe memorare, tranzistorul T_5 acționează ca o reacție pozitivă, menținând pe T_4 în conducție indiferent de starea ieșirii comparatorului, până la decuplarea alimentării lui T_5 din K_3 (reset).

6 Blocul de temporizare și oscilatorul

Sunt realizate după scheme simple, condițiile impuse acestora nefiind deosebite. Astfel blocul de temporizare este format dintr-un comparator ce compară tensiunea de încărcare a unui condensator cu un nivel fix ales de cca. 75% din tensiunea sursei obținut de la un divizor.

La apăsarea unui buton care întrerupe alimentarea, condensatorul se descarcă printr-o diodă și prin divizorul ce asigură nivelul fix. După scurgerea celor 40 s necesare încălzirii filamentelor, condensatorul atinge nivelul reglat și comparatorul basculează. Se acționează un releu care comandă intrarea în funcțiune a circuitului de alarmare, menținut pe această durată inactiv, pentru a nu da comenzi false. Se comută tot acum și comanda LED-ului indicator, de pe 0,5 Hz pe iluminare permanentă, semnalizând că aparatul a atins regimul de lucru normal.

Oscilatorul este un circuit basculant cu două frecvențe de lucru, 1 Hz și 0,5 Hz comutabile de către circuitul de temporizare și de circuitul de protecție, prin schimbarea rezistenței ce determină constanta de timp.

Circuitul de protecție semnalizează arderea filamentelor sau întreruperea circuitului cu traductorul, fiind constituit dintr-un tranzistor ce primește pe bază căderea de tensiune de pe rezistența R_3 a punții. La întreruperea curentului prin punte, tranzistorul comandă un releu ce schimbă frecvența oscilatorului pe 1 Hz, semnalizând defectarea acestuia.

7 Blocul de afișare numerică și interfața cu calculatorul

Voltmetrul numeric integrat utilizat este de tipul AD 520 (C520) cu dublă pantă de 3 digiți, cu intrare monopolară ce poate măsura și cu polaritate inversată pe 10% din gamă (–99 mV). El poate indica și depășirea gamei, într-un mod specific (trei „*c*" inversați). Cele trei cifre ale afișorului fiind multiplexate în interiorul integratului este necesar un singur decodor de tipul NBCD-7 segmente, ales funcție de tipul afișoarelor (cu anod sau catod comun). Schema utilizată este cea recomandată de firma constructoare a voltmetrului integrat [5].

O parte originală a aparatului o constituie interfața simplă cu calculatorul.

Astfel, aparatul poate fi conectat pe portul paralel (Centronix) al oricărui calculator, interfața necesară fiind deosebit de simplă. Schema sa de principiu este dată în figura 5.

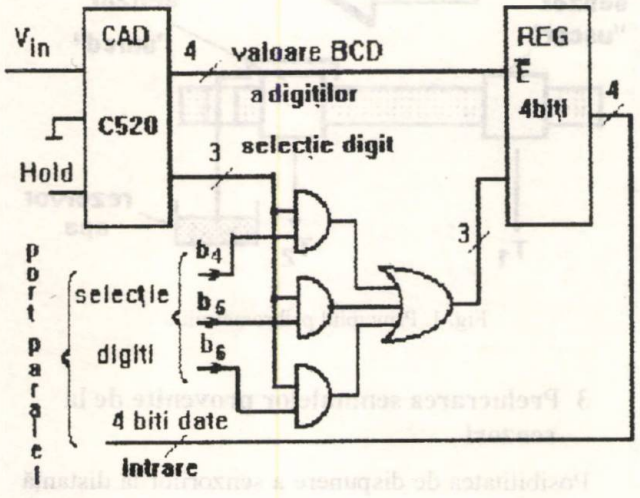


Fig. 5. Interfața de conectare a aparatului la portul paralel al calculatorului.

Rezultatul măsurării se ia de la ieșirea voltmetrului, digit cu digit, selecția lor făcându-se cu o schemă logică simplă, formată din trei porți și un circuit SAU. Cu un registru de patru biți se trimit datele pe cele 4 intrări de stare a portului paralel. De pe ieșirile de date se comandă selecția digiților de la voltmetru. Programul driver necesar, scris în PASCAL, este simplu și permite asamblarea sa într-un program mai amplu de monitorizare scris eventual în VISUAL BASIC.

8 Concluzii

Etalonarea aparatului s-a făcut pentru butan prin metoda gravimetrică. Astfel, cunoscându-se limita inferioară de explozie la butan (39 g/m^3), s-a evaporat o cantitate corespunzătoare de butan cântărită la balanța analitică (3,9 g) într-un volum măsurat de aer (10 litri), reglându-se aparatul să indice 100% LIE. Verificându-se un amestec cu concentrația de butan redusă la jumătate, s-a verificat indicația aparatului (50%). Pentru câteva astfel de măsurări, s-au determinat erorile aparatului care s-au încadrat în $c = 2{,}5$. Având în vedere că alarmarea se face la praguri mult mai joase (70 ... 80% LIE), erorile obținute sunt deplin acceptabile.

Faptul că aparatul se pretează la o supraveghere monitorizată a pericolului de explozie condusă de un calculator, că este prevăzut cu posibilitatea transmisiei la distanță a informației prin ieșirea în curent, conferă acestuia o bună flexibilitate de utilizare în diferite locuri cu pericol de explozie.

Interfața simplă cu calculatorul, fără o cartelă de interfață (ca la GPIB) asigură o monitorizare ieftină, eficientă și flexibilă.

BIBLIOGRAFIE

[1] *IANCULESCU, Gh.*, Analizoare de gaze și lichide, Editura Tehnică, București, 1981;

[2] *MANEA, A., SCĂRLĂTESCU, M.*, Aparate electronice pentru protecția muncii, Editura Tehnică, București, 1975;

[3] *MANSFIELD, P.H.*, Ellectrical Transducers for Industrial Measurement, Butterworths, Sevenoaks, 1973;

[4] *SYDENHAM, P.H.*, Transducers in Measurement and Control, (3rd edn), Adam Hilger, Bristol, 1984;

[5] ANALOG DEVICE, General Catalog, 1990;

[6] IPRS Băneasa, Catalog de produse, 1989.

Sistem de măsurare cu calculator personal pentru umiditate și temperatură

COSTIN CEPIȘCĂ
SORIN DAN GRIGORESCU *)
ANCA NESTOR **)

Abstract: *The paper presents a humidity and temperature measuring system based on the psihrometer principle and having a specialized interface, which enables it to make full use of the computing power of a PC. The system is characterized by the simplicity of the interface and by the posibility to link it to the parallel port of any IBM compatible PC.*

Résumé: *L'article présente un système de mesure pour l'humidité et la température, réalisé en utilisant le principe du psihromètre, ayant une interface spécialisée qui lui permet d'utiliser les resources de calcul d'un ordinateur personnel. Le système se caractérise par la simplicité de l'interface et par la possibilité d'être attaché à n'importe quel ordinateur personnel compatible IBM.*

1 Introducere

Măsurarea umidității și temperaturii aerului se realizează prin diferite metode [1] – [3], utilizând o serie largă de senzori și prelucrări de semnal, senzori specializați, în special integrați, sau unele procedee verificate în decursul timpului, ca metoda psihrometrică. Simplitatea metodei psihrometrice este combinată însă cu o prelucrare dificilă a rezultatelor.

Asocierea calculatorului personal, printr-o interfață specializată, la un psihrometru, permite eliminarea numeroaselor interpolări generatoare de erori (abaca Lambrecht) ca și introducerea de noi funcții: corecția funcție de variația mărimilor de influență, posibilitatea etalonării automate, dialogul cu utilizatorul etc.

2 Principiul de măsurare

Principiul de măsurare este prezentat în fig. 1.

Primul senzor – „uscat" – indică temperatura aerului T_1, iar al doilea senzor – „umed" – (umezit continuu cu apă, evaporarea depinzând de umiditatea aerului) – temperatura T_2. Măsurarea celor două temperaturi permit determinarea umidității aerului.

Senzorii utilizați sunt termorezistențe de platină Pt 100.

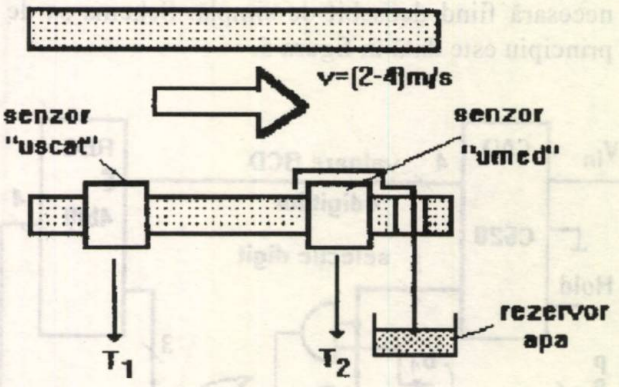


Fig. 1. Principiul psihrometrului.

3 Prelucrarea semnalelor provenite de la senzori

Posibilitatea de dispunere a senzorilor la distanță față de calculator implică elaborara unui lanț de măsurare care să elimine influența rezistenței electrice a conductoarelor de legătură. [4] – [5].

Soluția adoptată este prezentată în figura 2.

Senzorul, termorezistență Pt 100, se presupune că are o caracteristică liniară în domeniul de temperatură admis:

$$R_\theta = R_0 \, (1 + \alpha \Delta T) \qquad (1)$$

și că se conectează în circuit cu trei conductoare (rezistențe R_f).

Intensitatea curentului prin senzor se reglează prin intermediul tensiunii stabilizate U_{ref}.

$$I = \frac{U_{ref}}{R_0} \qquad (2)$$

*) Universitatea Politehnica București, Splaiul Independenței nr. 313

**) Institutul Național de Metrologie, șos. Vitan Bârzești nr. 11, sector 4

Se observă că se poate scrie:

$$U_A = I\ (R_\theta + R_0 + 2R_f)$$

$$U_B = I\ (R_0 + R_f) \qquad (3)$$

Tensiunea de ieşire a amplificatorului operaţional AO2 rezultă:

$$U_0 = 2U_B - U_A \qquad (4)$$

adică:

$$U_0 = I\ (2R\ \%_0 + 2R_f - R_\theta - 2R_f) \qquad (5)$$

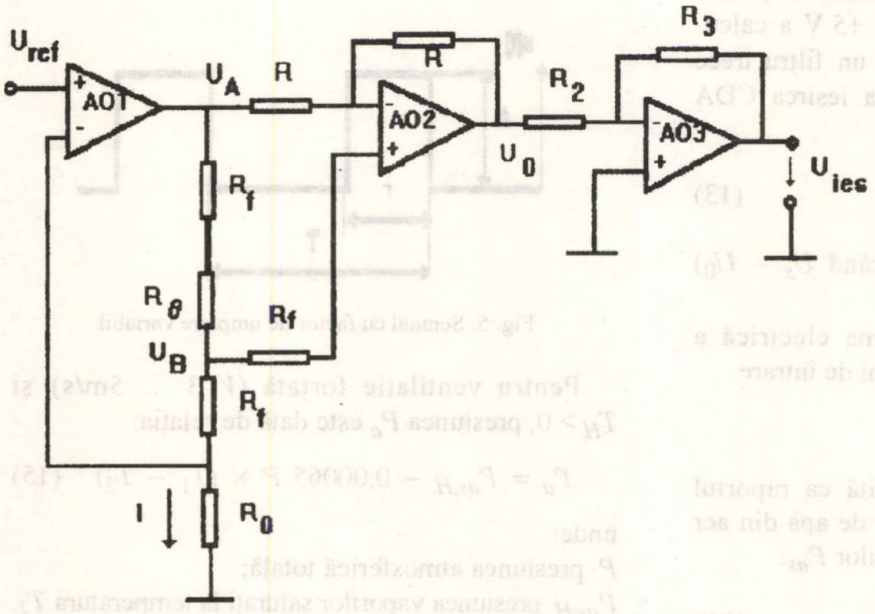


Fig. 2. Prelucrarea semnalului provenit de la senzor.

$$U_0 = I\ (R_0 - R_\theta) \qquad (6)$$

şi utilizând relaţiile (1) şi (2) rezultă:

$$U_0 = \frac{U_{ref}}{R_0}\ (R_0 - R_0 - R_0\alpha\Delta T) =$$

$$= -U_{ref}\ \alpha\Delta T \qquad (7)$$

Pentru schimbarea polarităţii şi amplificarea convenabilă a tensiunii U_0 se utilizează amplificatorul operaţional AO3, rezultând:

$$U_{ies} = \frac{R_3}{R_2} U_{ref}\ \alpha\Delta T \qquad (8)$$

deci tensiunea de ieşire este proporţională cu temperatura de senzor:

$$U_{ies} = k \times T_{măsurat} \qquad (9)$$

Se observă că montajul elimină influenţa conductoarelor de legătură R_f. În plus, apare condiţia ca numai două conductoare de legătură să fie identice, al treilea putând avea orice rezistenţă electrică.

Pentru metoda psihrometrică utilizată în măsurarea umidităţii şi temperaturii aerului s-au utilizat pentru fiecare senzor – „uscat" şi „umed" – câte o schemă de tipul celei din figura 2.

Necesitatea măsurării temperaturii în regim staţionar de funcţionare sugerează utilizarea unui convertor analog-digital la care exactitatea este preponderenţa faţă de viteza de lucru.

În sistemele de achiziţie a datelor, convertoarele analog-digitale (CAD) în a căror buclă de reglaj există convertoare digital-analogice (CDA) sunt cele mai răspândite (convertoare cu urmărire, convertoare cu aproximaţii succesive) [6].

Principiul unui astfel de convertor analog-digital este prezentat în figura 3.

Cât timp $U_x \geq U_0$ numărul N creşte şi deci creşte şi tensiunea de la ieşirea CDA:

$$U_0 = N \times \frac{U_{ref}}{2^n - 1};$$

$$N \in (0, 2^n - 1) \qquad (10)$$

Când $U_x = U_0$, numărul obţinut la ieşirea CAD este:

$$N = \frac{U_x}{U_{ref}} \times (2^n - 1) \qquad (11)$$

Pornind de la acest principiu de conversie s-a urmărit obţinerea unei interfeţe care să utilizeze cât mai mult resursele calculatorului, prin înlocuirea blocului de logică şi a CDA cu circuitele proprii ale acestuia (fig. 4).

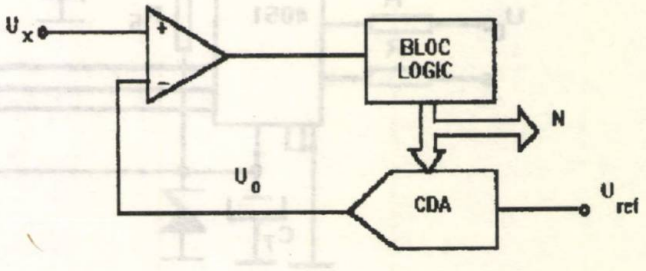


Fig. 3. Principiul conversiei analog-digitale.

Fie un semnal dreptunghiular, al cărui factor de umplere K_u poate fi variabil, generat de calculator la portul paralel (fig. 5).

Valoarea sa medie este

$$U_0 = \frac{1}{T}\int_{t}^{t+T} u(t)\,dt = \frac{\tau}{T} \times A \qquad (12)$$

Generarea numerică a acestui semnal pentru CDA se obține prin intermediul calculatorului, prin incrementarea cu frecvența f_0 a unui numărător și acționarea unui port de ieșire. Utilizându-se pentru alimentarea interfeței tensiunea de +5 V a calculatorului și realizând medierea cu un filtru trece jos, rezultă pentru tensiunea de la ieșirea CDA expresia

$$U_0 = 5 \times \frac{N_1}{511} \qquad (13)$$

Numărul N_1 obținut în final (când $U_x = U_0$) reprezintă rezultatul conversiei.

În figura 6 se prezintă schema electrică a interfeței pentru achiziția a 4 mărimi de intrare.

5 Sistemul de calcul

Umiditatea relativă este definită ca raportul între presiunea parțială a vaporilor de apă din aer P_a și presiunea de saturație a vaporilor P_{as}:

$$H_R(\%) = 100\,\frac{P_a}{P_{as}} \qquad (14)$$

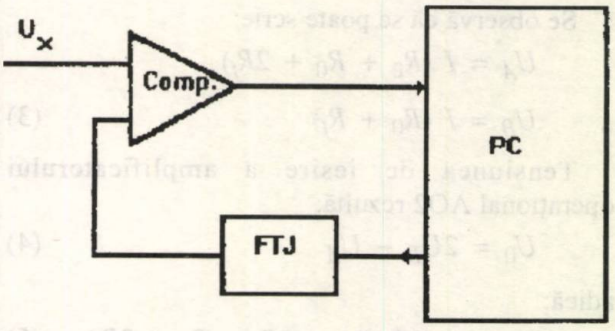


Fig. 4. Principiul interfeței cuplate la calculator.

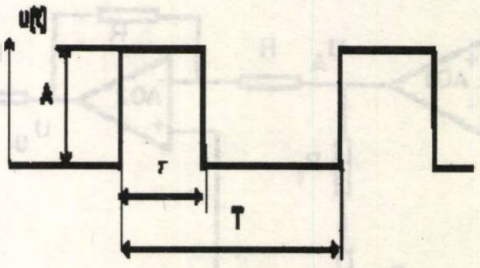


Fig. 5. Semnal cu factor de umplere variabil.

Pentru ventilație forțată (V=3 ... 5m/s) și $T_H > 0$, presiunea P_a este dată de relația:

$$P_a = P_{as,H} - 0{,}00065\,P \times (T_1 - T_2) \qquad (15)$$

unde:

P presiunea atmosferică totală;

$P_{as,H}$ presiunea vaporilor saturați la temperatura T_2.

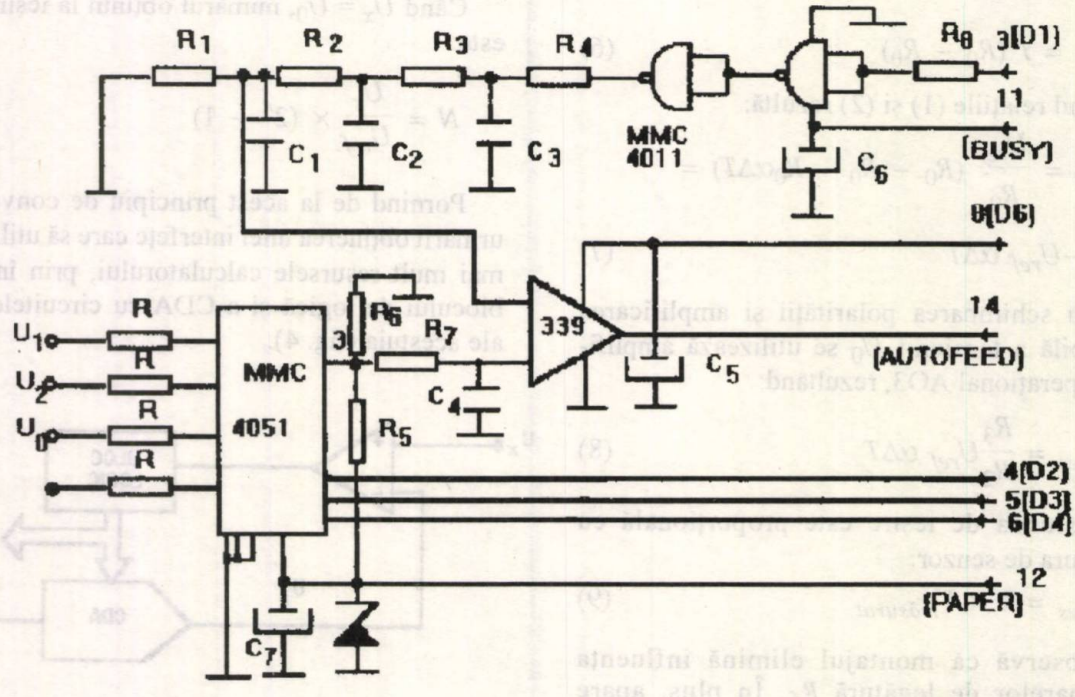


Fig. 6. Schema interfeței.

Pentru $T_H > 0$:

$$\log P_{as,H} = 10{,}79574\left(1 - \frac{T_0}{T}\right) - 5{,}028 \log \frac{T}{T} +$$
$$+ 1{,}50475 \times 10^{-4}\left[1 - 10^{-8{,}2969\,(T/T_1)-1}\right] +$$
$$+ 0{,}42873 \times 10^{-3}\left[10^{4.76955\,(1-T_1/T)-1}\right] +$$
$$+ 0{,}78614 \qquad (16)$$

cu:

T temperatura măsurată;

$T_0 = 273{,}16$ K.

Rezultă relația ce permite calculul umidității relative a aerului:

$$H_R\ (\%) = 100\,\frac{10^{P_{as,H}} - 0{,}00065 \times P \times (T_1 - T_2)}{10^{P_{as,H}}} \qquad (17)$$

Programul realizează calculul umidității pe baza relației (17) și afișează pe ecranul calculatorului umiditatea relativă a aerului H_R (%) și temperatura acestuia T_1.

Concluzii

Instalația realizată pentru măsurarea umidității relative a aerului și a temperaturii acestuia a obținut, prin introducerea calculatorului personal, calități sporite în prelucrarea și gestionarea informației de măsurare.

Subliniem originalitatea schemelor de prelucrare a semnalelor și a interfeței de decuplare la calculator. Determinările experimentale au indicat o exactitate de măsurare a umidității relative de 1%.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Tran Tien, Lang* – Systèmes de mesures informatisés. Ed. Masson, Paris, 1991.

[2] *Ichinase, N. T.* – Guide pratique des capteurs. Ed. Masson, Paris, 1990.

[3] *Lefebre, J.* – Mesures des débits et des vitesses des fluides. Ed.Masson, Paris, 1986.

[4] *Cepisca, C., Grigorescu, S.* – Posibilități de măsurare la distanță a temperaturii utilizând senzori rezistivi. Sesiunea Științifică a Institutului Militar de Aviație „Aurel Vlaicu" 1993.

[5] *Cepisca, C., Grigorescu, S.* – Metodă și dispozitiv pentru măsurarea temperaturii cu traductor rezistiv – brevet de invenție 107031B1, 1993.

[6] *Sheingold, A. H.* – Analog Digital Conversion, Prentice-Hall, 1986.

★

Rolul crescând al metrologiei în protecția sănătății

Cu acest subtitlu, numărul 4 din 1995 al „Buletinului OIML" consacră o bună parte din conținutul său aparatelor de măsurat medicale.

Într-un scurt editorial, *M. Kochsiek*, vicepreședintele CIML și *S. Mieke*, secretarul TC18 al OIML, relevă câteva aspecte speciale ale metrologiei în medicină și subliniază implicarea unor organisme internaționale de standardizare – ca ISO, CEI și OIML – în acest domeniu. În 1973 OIML a constituit Secretariatul Pilot „Aparate de măsurat utilizate în domeniul sănătății publice", care s-a transformat mai târziu în Comitetul Tehnic TC18 „Aparate de măsurat medicale". Principala preocupare a OIML în acestă direcție este formularea cerințelor de performanță pentru aparate și a procedeelor de încercare a lor.

Primele categorii de aparate de măsurat medicale pentru care au fost elaborate recomandări internaționale de metrologie au fost termometrele medicale și sfigmomanometrele (manometrele pentru presiune arterială). Ulterior au apărut recomandări pentru diferite clase de aparate, iar altele sunt în curs de pregătire.

Buletinul OIML citat mai sus publică în continuare articole tehnice privitoare la dozimetria radiațiilor în medicină, etalonarea aparatelor utilizate pentru controlul echipamentelor medicale cu raze X, verificarea aparatelor pentru măsurarea fără contact a presiunii intraoculare. Sub genericul „Evoluții", sunt inserate apoi articole despre metrologia legală a aparatelor medicale în Japonia, controlul metrologic al termometrelor clinice în Brazilia și controlul metrologic al fotometrelor și spectrofotometrelor cu absorbție în Polonia. Urmează un raport asupra conferinței internaționale METROMED consacrate tehnologiei informațiilor de măsurare și aparatelor medicale, care a avut loc în St. Petersburg, în 19-22 iunie 1955.

Sunt date de asemenea informații despre comitetele tehnice ISO cu activități în domeniul sănătății, despre comitetul pentru Sisteme Analitice al IFCC (Federația Internațională de Chimie Clinică) și despre Comitetul Tehnic TC18 al OIML „Aparate de măsurat medicale", cu cele cinci subcomitete ale sale: aparate pentru presiunea arterială; termometre medicale; dozimetrie medicală; aparate bio-electrice; aparate de măsurat pentru laboratoare medicale.

INFORMAȚII

Simpozionul „Controlul calității, validarea, certificarea și acreditarea laboratoarelor de analiză și control"

În perioada 23-24 noiembrie 1995 PERKIN – ELMER, în colaborare cu Institutul Național de Metrologie și Institutul de Fizică Atomică a organizat simpozionul cu tema „Controlul Calității, Validarea, Certificarea și Acreditarea Laboratoarelor de Analiză și Control".

Simpozionul s-a desfășurat în Aula Magna a Facultății de Fizică din cadrul Institutului de Fizică Atomică și a reunit un mare număr de specialiști din țară și din străinătate, cu preocupări în domeniul tehnicilor analitice de măsurare.

Simpozionul a fost deschis de dl. *Adrian Motrescu*, director al firmei ROMSPECTRA, reprezentant exclusiv al lui Perkin – Elmer in România. Dl prof. *Neacșu*, director general al Institutului de Fizică Atomică, în calitate de gazdă, a salutat participanții. În continuare, dl. dr. ing. *Aurel Millea*, director al Institutului Național de Metrologie, a adus cuvântul specialiștilor din acest institut.

În cadrul lucrărilor, specialiștii firmei organizatoare au prezentat lucrări referitoare la asigurarea calității în conformitate cu reglementările regionale și internaționale, aplicații analitice și strategii de management.

Specialiștii din țară au prezentat aspecte actuale ale investigațiilor analitice de laborator, cu aplicații în tehnicile specifice chimiei analitice, radiometriei laser și noii definiții a metrului.

În prima zi a simpozionului s-au prezentat următoarele lucrări:

- „Asigurarea calității în conformitate cu reglementările locale și internaționale, aplicații analitice și strategii de management" (*H. Hein* – Perkin-Elmer);
- „Metrologia și rolul materialelor de referință de concentrație în sistemele de măsurare" (*S. Duță* – INM);
- „Probleme legate de etalonarea echipamentelor gaz-cromatografice în vederea acreditării laboratoarelor de analiză fizico-chimică" (*P. König-Georgescu* – INM);
- „Sistemul național de materiale de referință pentru validarea calibrării spectrofotometrelor" (*C. Botgros, M. Buzoianu, S. Duță, C. Sălcianu* – INM);
- „Aspecte actuale ale trasabilității măsurărilor în domeniul materialelor de referință de concentrație" (*M. Buzoianu* – INM);
- „Radiometrie laser absolută (*D. Sporea* – IFTAR);
- „Laser He-Ne/Iod: Punerea în practică a noii definiții a metrului" (*Gh. Popescu* – IFTAR);
- „Precizia în investigațiile de laborator" (*C. Timuș* – IFTAR).

În cea de-a doua zi a simpozionului, specialiștii Perkin-Elmer au prezentat cinci lucrări cu caracter general referitoare la aplicațiile practice în domeniul spectroscopiei atomice (*G. Schlemmer*), spectrometriei de infraroșu cu transformata Fourier (*V. Grassi*), gaz-cromatografiei (*H. Hein*), spectrofotometriei în UV-VIZ (*H. Hein*) și cromatografiei de lichide de înaltă presiune (*W. Vogel*). Totodată, *Z. Grobenski*, directorul general al firmei pentru Europa de Est și Sud-Est, a prezentat lucrarea „Experiența noastră în ce privește certificarea ISO".

Discuțiile purtate de autorii lucrărilor și participanții interesați în problematica prezentată au scos în evidență actualitatea certificării și acreditării laboratoarelor de analiză din cele mai variate domenii de activitate (protecția mediului, producerea de aparatură analitică, minerit etc.), necesitatea folosirii acelor aparate analitice metrologic legale (cu aprobare de model și verificate metrologic) și nevoia crescândă de utilizare a celor mai diverse tipuri de materiale de referință certificate.

Având în vedere experiența firmei organizatoare în ceea ce privește certificarea aparaturii analitice Perkin-Elmer în sistemul de asigurare a calității impus de ISO 9001, au fost abordate, totodată, și căile și mijloacele de măsurare necesare pentru validarea calibrării aparaturii de laborator. În legătură cu acest aspect a reieșit actualitatea preocupărilor INM pentru punerea de acord cu activitatea desfășurată pe plan național în legătură cu acreditarea laboratoarelor de analiză. Astfel, INM are elaborate normele de metrologie și dispune de majoritatea etaloanelor utilizate pentru asigurarea metrologică a mijloacelor de măsurare din domeniul gaz-cromatografiei și spectrometriei analitice.

În legătură cu timpul legal (ora oficială) în lume și în România

Considerăm că publicarea datelor de mai jos prezintă interes, datorită unor modificări recente intervenite în ora legală a mai multor țări europene, precum și pentru evitarea unor confuzii și interpretări greșite în legătură cu acest subiect

Convenții internaționale

Timpul universal coordonat, sau *UTC*, constituie scara de timp stabilită de Biroul Internațional al Orei, adoptat ca referință în prezent în toată lumea. *UTC* coincide practic cu *GMT*, sau timpul mediu Greenwich, adică timpul solar mediu pentru meridianul 0° care, conform unei convenții internaționale, trece prin Greenwich, Anglia.

Tot prin convenție internațională au fost delimitate cele 24 fusuri orare, la intervale de câte 15° longitudine estică, respectiv vestică, față de meridianul 0°. Pentru Europa rezultă următoarele fusuri orare:

Fusul	Meridianul pe care este centrat	Întinderea, între longitudinile	Câteva orașe cuprinse în fus
Europa de vest	0°	7° 30′ vest . . . 7° 30′ est	Londra, Paris, Madrid
Europa centrală	15° est	7° 30′ est . . . 22° 30′ est	Stockholm, Copenhaga, Berlin, Varșovia, Praga, Viena, Roma, Belgrad
Europa de est	30° est	22° 30′ est . . . 37° 30′ est	Helsinki, Riga, Minsk, Kiev, București, Sofia, Atena
Rusia centrală	45° est	37° 30′ est . . . 52° 30′ est	Moscova

Timpul legal

Timpul legal (*TL*) este scara de timp adoptată oficial pentru un anumit teritoriu (țară, regiune), definită prin

$$TL = UTC + B$$

unde *B* este un număr întreg de ore (rareori, jumătăți de oră)*.

Valoarea lui *B* este stabilită prin lege pentru fiecare țară (regiune), în funcție de fusul din care face parte. Dacă acest criteriu este respectat, ziua-lumină va fi centrată pe ora locală 12^{00}.

Abateri de la această regulă apar frecvent:

a) din motive administrative (de exemplu, în interiorul unei țări sau al unui grup de țări întinse geografic pe mai multe fusuri);

b) pentru reducerea duratei zilnice a iluminării artificiale („ora de vară").

Timpul legal în Europa

- În țările Uniunii Europene, cu excepția Marii Britanii și Greciei, se utilizează "ora Europei centrale" (deși Portugalia, Spania, Franța, Belgia, Olanda, Luxemburg sunt situate geografic în afara fusului corespunzător).
- În Polonia, Cehia, Slovacia, Ungaria, Slovenia, Croația, Bosnia-Herțegovina, Iugoslavia, Macedonia, Albania, în concordanță cu pozițiile lor geografice, se utilizează tot „ora Europei centrale".
- Marea Britanie, Irlanda și Islanda au timpul legal corespunzător „orei Europei de vest".
- Finlanda, țările Baltice, Belarus, Ucraina, România, Bulgaria și Grecia utilizează „ora Europei de est", fiind situate integral sau aproape integral în fusul corespunzător.
- Rusia utilizează un timp legal decalat cu încă o oră față de „ora Europei de est" (+3 h față de *GMT*).

* A se vedea și standardul român STAS 3331/1 - 86: Intervale și scări de timp. Noțiuni de bază

Timpul legal în România

Timpul legal român, adoptat prin lege, corespunde „orei Europei de est", cu un decalaj de +2 h față de *UTC (GMT)*.

Prin poziția geografică a României, această decizie este justificată; într-adevăr, cca. 89% din suprafața țării este situată în fusul Europei de est (meridianul 22° 30′ care delimitează fusul Europei de est de cel al Europei centrale trece prin apropierea Porților de fier).

Timpul „de vară"

În majoritatea țărilor lumii, în jumătatea călduroasă a anului se practică o decalare cu +1 h a timpului legal. În felul acesta programul zilnic de activitate al populației este plasat cu o oră mai devreme, rezultând seara o oră în plus de lumină naturală. Este o măsură de economisire a energiei, numită generic „Daylight Saving".

În țările Uniunii Europene, ca și în multe alte țări, schimbările orei legale se fac în ultima duminică a lunilor martie, respectiv septembrie; ca urmare, decalajele orelor legale între aceste țări se păstrează nemodificate în tot cursul anului. Excepții notabile sunt: SUA și Canada (începutul lui aprilie, sfârșitul lui octombrie); Marea Britanie și Elveția (sfârșitul lui martie, sfârșitul lui octombrie), rezultând scurte perioade în care decalajele orelor legale față de celelalte țări sunt perturbate.

Ora legală și ora decalată (ora „de vară" în emisfera nordică) în câteva țări din lume

	La ora 12 00 GMT: Ora legală	Ora decalată	
Australia:			
South Austr.	21 30	22 30	Sf. oct.-înc. mar.
New S. Wales	22 00	23 00	Sf. oct.-înc. mar.
Tasmania	22 00	23 00	Înc.oct. - sf.mar.
Victoria	22 00	23 00	Sf.oct. - înc.mar.
Austria	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Belarus	14 00	15 00	Sf. mar - sf. sep.
Belgia	13 00	14 00	Sf. mar - sf. sep.
Bulgaria	14 00	15 00	Înc.apr.- sf. sep.
Canada:			Înc. apr.- sf. oct.
Newfoundl.	08 30	09 30	
Atlantic	08 00	09 00	
East	07 00	08 00	
Central	06 00	07 00	
Mountain	05 00	06 00	
Pacific,Yukon	04 00	05 00	
Cehia	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Danemarca	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Egipt	14 00	15 00	Iun. - sep.
Elveția	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. oct.
Estonia	14 00	15 00	Sf. mar - sf. sep.
Finlanda	14 00	15 00	Sf. mar.- sf. sep.
Franța	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Germania	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Grecia	14 00	15 00	Sf. mar.- sf. sep.

	La ora 12 00 GMT: Ora legală	Ora decalată	
Irak	15 00	16 00	Sf. mar.- sf. sep.
Irlanda	12 00	13 00	Sf. mar.- sf. oct.
Italia	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Letonia	14 00	15 00	Sf. mar - sf. sep.
Lituania	14 00	15 00	Sf. mar - sf. sep.
Luxemburg	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Marea Britanie	12 00	13 00	Sf. mar.- sf. sep.
Rep. Moldova	14 00	15 00	Sf. mar - sf. sep.
Noua Zeelandă	24 00	01 00	Sf. oct.- înc.mar.
Norvegia	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Olanda	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Polonia	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Portugalia	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
România	14 00	15 00	Sf. mar - sf. sep.
Rusia (europeană)	15 00	16 00	Sf. mar.- sf. sep.
Slovacia	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
Spania	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.
SUA:			Înc. apr.- sf. oct.
Est	07 00	08 00	
Central	06 00	07 00	
Mountain	05 00	06 00	
Pacific	04 00	05 00	
Suedia	13 00	14 00	Sf. mar - sf. sep.
Ucraina	14 00	15 00	Sf. mar - sf. sep.
Ungaria	13 00	14 00	Sf. mar.- sf. sep.

Abrevieri

Înc. începutul (unei luni): de regulă, prima duminică a lunii

Sf. sfârșitul (unei luni): de regulă, ultima duminică a lunii

PARTEA OFICIALĂ

Lista mijloacelor de măsurare cu aprobare de model emisă în perioada 25.09.1995–31.12.1995

I. MĂRIMI GEOMETRICE

LUNGIME

1. *Planimetru de rădăcină pătrată radial cu afișare digitală model 336E* cu aprobare de model nr.340/95 pentru S.C. TOTAL GAZ S.A. – Iași str. Armeana nr.1; tel. 032/210248, producător GHEBRUDER HAFF GmbH – Germania, valabilă până la 31.06.1998.

2. *Mașini de metrat lungimea țesăturilor tip MMBR-1; MME-1; MMBL-1; MMS-1; MMMS-1* cu aprobare de model nr. 373/95, pentru S.C. ZIMTEX S.A. – Zimnicea, str. Republicii nr. 91-95, tel. 047/368880, valabilă până la 15.12.2000.

VOLUM

1. *Halbă de bere Azuga de 300 ml* cu aprobare de model nr. 332/95 pentru S.C. STIROM S.A. – București, str. Th. Pallady nr. 45, sect. 3, tel. 6302045, valabilă până la 01.11.2005.

2. *Autocisternă pentru măsurare și transport produse petroliere de 5500 l cu două compartimente pe DAC 665 T* tip 6ATDP-1, cu aprobare de model nr. 361/95, pentru S.C. ROMPRIM S.A.–București, Șos. Olteniței nr. 388, sect. 4, tel. 6346620, valabilă până la 01.12.2005.

3. *Distribuitoare de produse petroliere duble tip WAYNE 730 E* cu aprobare de model nr. 321/95 pentru S.C. SAN BENZIN S.R.L. – Comuna Lovrin, jud. Timiș, producător WAYNE DRESSER EUROPE S.A. – Germania, valabilă până la 11.10.2000.

4. *Distribuitoare de produse petroliere SALZKOTTEN duble tip 290/20 și simple 290/12.3* cu aprobare de model nr. 322/95 pentru S.C. BENDER & Co S.R.L. – Comuna Periam nr. 127 jud. Timiș, producător TANKANLAGEN SALZKOTTEN GmbH – Germania, valabilă până la 11.10.2000.

5. *Distribuitoare de produse petroliere duble SCHEIDT & BACHMANN tip GAMA model CLOU 1350* cu aprobare de model nr. 335/95 pentru S.C. PORTO OIL EXIM S.R.L. – Turnu Severin, str. M.Viteazul nr. 8, Bl. B, Sc. 2, Ap. 5, producător SCHEIDT & BACHMANN – Germania, valabilă până la 25.10.2000.

6. *Distribuitoare de produse petroliere SCHWELM tip 12407837002 SA* cu aprobare de model nr. 336/95 pentru S.C. 4x4 S.R.L. – Comuna Simian, jud. Timiș, producător SCHWELMER EISENWERK MÜLLER – Germania, valabilă până la 25.10.2000.

7. *Distribuitoare de produse duble SCHEIDT & BACHMANN tip GAMA* cu aprobare de model nr. 337/95 pentru S.C. ADISAN OIL COM S.R.L. – Drobeta Turnu Severin, str. Panduri nr. 20, jud. Mehedinți, producător SCHEIDT & BACHMANN – Germania, valabilă până la 25.10.2000.

8. *Distribuitoare de produse petroliere TOKHEIM tip 952 și tip 1052* cu aprobare de model nr. 338/95, pentru KA-D YAR IMPEX S.R.L. – București, str. Agnita, nr. 67, sector 6, producător TOKHEIM – Scoția, valabilă până la 31.10.2000.

9. *Distribuitoare de produse petroliere duble SCHEIDT & BACHMANN tip GAMA 1356 (dublu) și 1350 (simplu)* cu aprobare de model nr. 341/95, pentru S.C. LIEB-BENZ-OIL Ltd. S.R.L. – Timișoara, str. Lunei, Bl. L 14, Ap. 2, producător SCHEIDT & BACHMANN – Germania, valabilă până la 03.11.2000.

10. *Distribuitoare de produse petroliere SCHWELM tip M 224 Re (eN)* cu aprobare de model nr. 342/95 pentru S.C. WEST PETROL S.A. – Timișoara, Cal. Torontalului nr. 14A, producător SCHWELMER EISENWERK MÜLLER & Co GmbH– Germania, valabilă până la 06.11.2000.

11. *Distribuitoare de produse petroliere duble SCHEIDT & BACHMANN tip GAMA* cu aprobare de model nr. 356/95 pentru S.C. MEGTRANS PETROL S.A. – Constanța, Aleea Garofiței nr. 24, producător SCHEIDT & BACHMANN GmbH – Germania, valabilă până la 27.11.2000.

12. *Distribuitoare de produse petroliere VAKA Z 501/G* cu aprobare de model nr. 357/95 pentru

S.C. DAN OIL Ltd. – Constanța, str. Ion Lahovari nr. 146, producător VEB VAKA – WERKE HALE – Germania, valabilă până la 27.11.2000.

13. *Distribuitoare de produse petroliere duble SALZKOTTEN tip 290/20* cu aprobare de model nr. 359/95 pentru S.C. PELLIMON S.R.L. – Sânicolau Mare – jud. Timiș, str. Gării nr. 20, producător TANKANLAGEN SALZKOTTEN GmbH – Germania, valabilă până la 04.12.2000.

14. *Distribuitoare carburanți auto SCHLUMBERGER familie tip K modele 1 ... 8 și familie tip SPECTRA/EUMPD modele 1 ... 24*, cu aprobare de model nr. 358/95 pentru S.C. CHEMOIL IMPEX S.R.L. – București, str. M. Eminescu nr. 19-21, sect. 1, tel/Fax 211 33 30, producător SCHLUMBERGER TENKSISTEME GmbH – Germania, valabilă până la 01.12.2000.

15. *Distribuitoare de produse petroliere tip MC 101 cu calculator electronic LOGITRON*, cu aprobare de model nr. 323/95 pentru S.C. MILGA S.A. – Galați str. Traian, Bl. Pescăruș, Ap. 21, producător METER CONTROL – Italia, valabilă până la 11.10.2000.

16. *Distribuitoare de produse petroliere duble tip WAYNE 738 EBS* cu aprobare de model nr. 376/95 pentru S.C. ROMBENZIN S.R.L. – Comuna Periam, jud. Timiș, str. Gării nr. 692, producător WAYNE DRESSER EUROPE S.A. – Germania, valabilă până la 21.12.2000.

17. *Distribuitor de produse petroliere simplu VAKA Z 50/1* cu aprobare de model nr. 377/95 pentru S.C. COMPANIA PETROLIERĂ PETROBANAT S.R.L. – Comuna Șag, jud. Timiș, str. X, producător VEB VAKA – WERKE HALLE – Germania, valabilă până la 21.12.2000.

18. *Distribuitor de produse petroliere VAKA Z 50/1-G* cu aprobare de model nr. 370/95 pentru S.C. DEVIS SERVCOM S.R.L. – Constanța, str. Călărași nr. 11, producător VEB VAKA – WERKE HALLE – Germania, valabilă până la 12.12.2000.

19. *Familia de contoare de apă rece tip COSMOS WR (WP-T) (50 ... 125) mm* cu aprobare de model nr. 306/95 pentru ROMCONSULT S.A. – București, str. Matei Millo nr. 7, tel. 3120606; Fax: 3120607, producător SPANNER POLLUX GmbH – Germania, valabilă până la 30.04.2004.

20. *Familia de contoare de apă rece COSMOS WP (WP-T) (150 ... 250) mm*, cu aprobare de model nr. 307/95 pentru ROMCONSULT S.A.– București, str. Matei Millo nr. 7, tel. 3120606; Fax: 3120607, producător SPANNER POLLUX GmbH – Germania, valabilă până la 30.04.2004.

21. *Familia de contoare de apă rece tip COSMOS WP (WP-T) (300 ... 500)mm* cu aprobare de model nr. 308/95 pentru ROMCONSULT S.A. – București, str. Matei Millo nr. 7, tel. 3120606; Fax: 3120607, producător SPANNER POLLUX GmbH – Germania, valabilă până la 30.04.2004.

22. *Familia de contoare de apă rece Woltman tip WP PRECIZIA – POLLUX DN (50 ... 100)mm* cu aprobare de model nr. 317/95 pentru S.C. PRECIZIA S.A. – București, str. Theodosie Rudeanu nr. 12-14, tel. 6172539; fax: 6128254, valabilă până la 02.10.2005.

23. *Familia de contoare de apă rece multijet, cu mecanism umed, tip MNR, DN (15 ... 50)mm* cu aprobare de model nr. 318/95 pentru S.C. PLASMATERM S.A. – Târgu Mureș, str. Gh. Doja nr. 155, producător ABB KENT MESSTECHNIK GmbH – Germania, valabilă până la 15.01.1996.

24. *Contoare de apă rece și caldă, tip TU 4 unijet, mecanism uscat, DN (15 ... 20) mm* cu aprobare de model nr. 331/95, pentru GRUP ROMET S.A. – Buzău, str. Dorobanți nr. 262, tel/fax: 038/415872, producător SCHLUMBERGER INDUSTRIES – Italia, valabilă până la 01.12.2000.

25. *Familie de contoare de gaz cu pereți deformabili G40, G65, G100, G160* cu aprobare de model nr. 343/95 pentru S.C. ARMAX-GAZ S.A. – Mediaș, str. Aurel Vlaicu, nr. 35A, jud. Sibiu, producător SCHLUMBERGER INDUSTRIES – J. B. ROMBACH-DEHM & ZINKEISEN GmbH – Germania, valabilă până la 06.11.2005.

II. MĂRIMI CINEMATICE

VITEZĂ LINIARĂ

1. *Cronotahograf electronic tip 1318-27* cu aprobare de model nr. 330/95 pentru S.C. I.T.I.A., S.A. – București, Bd. Timișoara nr. 92, tel. 4106170; fax: 7462465, producător VDO KIENZLE VERTRIEB UND SERVICE GmbH – Germania valabilă până la 10.11.2005.

III. MĂRIMI MECANICE

MASĂ

1. *Balanță compusă de 5 kg cu taler cilindric* cu aprobare de model nr. 277/95 producător S.C.

SEVAM S.A. – Drobeta Turnu Severin, Calea Timişoarei nr. 177, valabilă până la 05.10.2005.

2. *Greutăţi cilindrice din oţel, clasa de precizie M2 (2 kg, 1 kg, 500 g)* cu aprobare de model nr. 320/95 producător S. C. AROMET S.A. – Buzău, str. Brăilei nr. 15, tel. 038/424111, fax: 038/427068, valabilă până la 30.09.2005.

3. *Familie de balanţe electronice tip PR/PG cu limita maximă de cântărire (810 ... 2100)g (clasa de exactitate I)* cu aprobare de model nr. 326/95 pentru S.C. O.F. SYSTEMS S.R.L. – Bucureşti, str. Al. Şerbănescu nr. 25, Bl. 7N, et. 2, tel. 21220727, producător METTLER–TOLEDO AG–Elveţia, valabilă până la 20.10.2000.

4. *Instalaţie de cântărire din mers vagoane CF, 100 t, tip ICMV-02* cu aprobare de model nr. 316/95, producător S.C. BALANŢA S.A. – Sibiu, str. Gusteriţei nr. 21-23, tel. 069/433413, valabilă până la 30.10.2005.

5. *Familie de balanţe electronice tip MA BA 200 cu limita maximă de cântărire (4200 ... 6200)g (clasa de exactitate II)* cu aprobare de model nr. 328/95 pentru S.C. SARTOROM Impex S.R.L. – Bucureşti, Bd. Ferdinand nr. 97, ap. 28, tel. 6428290, fax: 2303139, producător SARTORIUS AG – Germania, valabilă până la 20.10.2005.

6. *Balanţă electronică cu afişarea preţului de 15 kg tip GS 9715 şi GS 9715H* cu aprobare de model nr. 334/95 pentru S.C. ROMOSA INDUSTRIES INC S.R.L. – Bucureşti, str. C-tin Caracaş nr. 20, Tel/Fax: 3125829; 3129729; 6501928, producător GOOD SCALE CORPORATION – Taiwan, valabilă până la 30.10.2005.

7. *Sistem de cântărire colete tip SCC-1 de 250 kg* cu aprobare de model nr. 314/95, producător F.E.A. S.A.– Bucureşti, Cal. Floreasca nr. 242, tel. 2120020, fax: 3127683.

8. *Familie de balanţe electronice analitice PRECISA seriile 300 şi 310 (clasa de exactitate II),* cu aprobare de model nr. 339/95 pentru PLANTEXTRACT S.R.L. – Rădaia, Comuna Baciu, jud. Cluj, tel. 064/194488, fax: 064/193637, producător PAG OERLIKON AG – Elveţia, valabilă până la 01.11.2005.

9. *Familie de balanţe electronice tip BB BA 200 (clasa de exactitate II)* cu aprobare de model nr. 327/95 pentru S.C. SARTOROM Impex S.R.L. – Bucureşti, Bd. Ferdinand nr. 97, ap. 28, tel. 6428290, fax: 2303139, producător SARTORIUS AG – Germania, valabilă până la 01.11.2005.

10. *Familie de balanţe electronice tip SR/SG (clasa de exactitate II)* cu aprobare de model nr. 329/95 pentru O.F. SYSTEMS S.R.L. – Bucureşti, str. Al. Şerbănescu nr. 25, Bl. 7N, et. 2, sector 1, tel. 2120727, producător METTLER TOLEDO AG – Elveţia, valabilă până la 10.11.2005.

11. *Familie de cântare electronice cu cârlig tip SCS 3.2, SCS 6.3, SCS 10)* cu aprobare de model nr. 362/95 pentru S.C. ProSEP S.R.L. – Craiova, str. Al. I. Cuza, nr. 9, Bl. 156, Sc. 4, tel. 051/410521, producător TAMTRON Oy – Finlanda, valabilă până la 01.12.2000.

12. *Echipament electronic de cântărire tip AWE-04* cu aprobare de model nr. 371/95, producător ISAF S.A.– Bucureşti, Calea Giuleşti nr. 14, sect. 6, tel. 2223642, fax: 3120424, valabilă până la 30.03.1996.

13. *Doză tensometrică (celulă de sarcină) tip DT-205.00 de 5 kN; 500 kg de compresie* cu aprobare de model nr. 372/95, producător S.C. NICOLINA – Iaşi, str. Mitropolit Varlaam, nr. 54, tel. 032/135773, fax: 032/230787, valabilă până la 18.12.1998.

DEBIT

1. *Calculator de debit tip UNIFLO 900* cu aprobare de model nr. 313/95 pentru S.C. ROMGAZ – Mediaş, str. Unirii nr. 4, jud. Sibiu, tel. 069/812262; fax: 069/821627, producător FLORIDAN GAS DIVISION A/S – Danemarca, valabilă până la 30.09.2005.

2. *Adaptor electronic pentru detectare de debit cu ultrasunete pentru lichide tip ADU-96* cu aprobare de model nr. 267/95 pentru I.P.A. S.A. – Bucureşti, Cl. Floreasca, nr. 167, tel. 2120069, producător RETROM S.A. – Paşcani, str. Moldovei, nr. 17 bis, tel. 032/763900, valabilă până la 01.09.2005.

FORŢĂ

1. *Echipament pentru măsurarea forţei de frânare tip EMFF-02, EMFF-02C* cu aprobare de model nr. 367/95, producător S.C. ELIND S.A. – Brăila, Şos. Râmnicu Sărat nr. 115, tel. 039/613920, fax: 039/611493, valabilă până la 12.12.2000.

2. *Echipament de măsurarea forţei de frânare tip FTES 2301 automat* cu aprobare de model nr. 354/95, producător S.C. ELECTRONICS S.R.L. – Constanţa, Aleea Heracleea nr. 7, Bl. Z23, ap. 6, valabilă până la 27.11.2000.

V. MĂRIMI ELECTROMAGNETICE

1. *Transformator de măsură de curent tip CEH 123* cu aprobare de model nr. 368/95, producător S.C. ELECTROPUTERE S.A. – Craiova, Cal. Bucureşti, nr. 144, tel. 051/144441, fax: 051/ 190829, valabilă până la 20.12.2000.

2. *Colector – Înregistrator electronic digital pentru energie electrică activă şi reactivă tip CIDE-01* cu aprobare de model nr. 311/95, producător SIAT S.A. – Bucureşti, Cal. Floreasca nr. 167b, tel./fax:1212797, valabilă până la 25.09.2005.

3. *Instalaţie de verificat contoare trifazate şi monofazate de energie electrică tip WECO 1300* cu aprobare de model nr. 351/95 pentru S.C. ABB ROMETRICS S.R.L. – Timişoara, Cal. Buziaşului nr. 26, tel. 056/199899, fax: 056/193737, producător WATTHOUR ENGINEERING Co – U.S.A., valabilă până la 16.11.2005.

4. *Familie de contoare electronice etalon de energie electrică tip RM* cu aprobare de model nr. 366/95 pentru S.C. ABB ROMETRICS S.R.L. – Timişoara, Cal. Buziaşului nr. 26, tel. 056/199899, fax: 056/193737, producător RADIAN RESEARCE INC – U.S.A., valabilă până la 20.12.2000.

VII. MĂRIMI TERMICE

1. *Familia calibratoarelor de termocupluri şi termorezistenţe tip MicroCal* cu aprobare de model nr. 365/95 pentru S.C. INTERCONTROL S.A. – Bucureşti, str. Mântuleasa nr. 25, tel. 6151801, fax: 3123738, producător EUROTRON ITELIAN S.A. – Italia, valabilă până la 08.12.2000.

2. *Termorezistenţe Pt 100 tip ITL-21* cu aprobare de model nr. 255/95 pentru GRUP ROMET S.A.–Buzău, str. Dorobanţi nr. 262, tel/fax: 038/710300, producător SCHLUMBERGER INDUSTRIES ALMESS GmbH – Germania, valabilă până la 28.11.2000.

3. *Termorezistenţe Pt 100 tip PC 121* cu aprobare de model nr. 364/95 pentru GRUP ROMET S.A. – Buzău, str. Dorobanţi nr. 262, tel/fax: 038/710300, producător SCHLUMBERGER INDUSTRIES ALMESS GmbH – Germania, valabilă până la 08.12.2000.

4. *Calculator programabil tip CD-PO2 cu termorezistenţe Pt 100* cu aprobare de model nr. 268/95, producător I.P.A. S.A. – Bucureşti, Cl. Floreasca, nr. 167, tel. 2120069, valabilă până la 01.09.2005.

5. *Adaptor electronic pentru detectoare de debit cu ultrasunete pentru lichide tip ADU-96* cu aprobare de model nr. 267/95 pentru I.P.A. S.A. – Bucureşti, Cl. Floreasca, nr. 167, tel. 2120069, producător RETROM S.A. – Paşcani, str. Moldovei, nr. 17 bis, tel. 032/763900, valabilă până la 01.09.2005.

6. *Contor de energie termică tip CETU* cu aprobare de model nr. 269/95, producător I.P.A. S.A. – Bucureşti, Cl. Floreasca, nr.167, tel. 2120069, valabilă până la 01.09.2005.

7. *Calculator pentru energie termică tip EN-RW 311 B/N/NF cu termorezistenţe Pt 100* cu aprobare de model nr. 348/95 pentru REGIA AUTONOMĂ DE TERMOFICARE „CALOR"– Timişoara, str. Vicenţiu Babeş nr. 3, tel. 056/ /194135, fax: 056/190241, producător ELIN WASSERWERKSTECHNIK GmbH – Austria, valabilă până la 10.11.2005.

IX. MĂRIMI FIZICO-CHIMICE

1. *Trusă portabilă pentru controlul calităţii apei tip TP-01* cu aprobare de model nr. 274/95, producător S.C. FAST-ECO S.A. – Bucureşti, str. Fabricii nr. 47, tel. 7816020, valabilă până la 25.10.2005.

2. *pH-metru de laborator tip PHM-L* cu aprobare de model nr. 346/95, producător S.C. APRIL S.A. – Cluj-Napoca, str. Profesor Ciontea, nr. 5, tel. 064/187462, fax: 064/420040, valabilă până la 10.11.2005.

3. *Familie de testere de gaze PROTECH-FLUX 5000 şi PROTECH-FLUX 2000* cu aprobare de model nr. 353/95, pentru S.C. HOFMANN–ROMANIA S.R.L. – Bucureşti, str. Robescu Radu, nr.13, tel. 6215595, fax: 3225223, producător HOFMANN-PROTECH S.R.L. – Italia, valabilă până la 10.12.2000.

4. *Analizor de gaze cu senzori termoconductometrici tip ROMAG-TC pentru măsurarea concentraţiei de gaz CO_2/AER – varianta analogică* cu aprobare de model nr. 310/95, producător I.P.A. S.A. – Bucureşti, Cl. Floreasca, nr. 167, tel. 2120069, valabilă până la 23.10.2000.

X. MĂRIMI DIN DOMENII DIFERITE

1. *Taximetru electronic tip PTX 1.0* cu aprobare de model nr. 347/95 producător S.C. TELCO S.R.L. – Timişoara, Bd. 16 Decembrie nr. A3, Tel/Fax: 056/190305, valabilă până la 22.11.2005.

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

BULETINUL DE METROLOGIE LEGALĂ

Începând cu anul 1996, Biroul Român de Metrologie Legală publică

Buletinul de Metrologie Legală

cu apariție trimestrială, care conține tot ce este necesar să cunoască agenții economici în domeniul metrologiei legale, respectiv: legi, hotărâri guvernamentale și alte reglementări aplicabile, aprobări de model ale mijloacelor de măsurare legale, laboratoare de etalonare și verificări metrologice acreditate și personal metrologic atestat etc.

Cuprinsul numărului 1/1996 este următorul:

• **Dan Grigore Stoichițoiu** – Metrologia Legală în România (scurt istoric) • Ordonanța Guvernului nr. 20 din 20 august 1992 aprobată prin Legea nr. 11 din 7 martie 1994 cu unele modificări la articolele 7 și 30 • Hotărârea Guvernului României nr. 225 din 10 aprilie 1995 privind organizarea și funcționarea Biroului Român de Metrologie Legală • Ordinul B.R.M.L. nr. 13 din 5 februarie 1993 cu Lista NML apărută și difuzată în economie • **Alexandru Strengar** – Controale și inspecții realizate de organele BRML în cursul anului 1995 • **Informații:** ➢ Organizațiile internaționale la care țara noastră este membră și Organizațiile zonale de Metrologie cu care țara noastră colaborează sau este în curs de aderare sau colaborare ➢ Conferințe și Reuniuni în domeniul metrologiei ținute în anul 1995 ➢ Conferințe și manifestări științifice anunțate pentru anul 1996 ➢ Adresele unităților subordonate B.R.M.L.

Revista **METROLOGIE** își va restrânge „Partea Oficială" la informații și comunicări scurte, cu trimitere la **Buletinul de Metrologie Legală**.

COREMI Aparate Electronice de Măsură şi Industriale
Cal. GriviÆei Nr. 355, Sect.1, Bucureçti, Tel: 6.65.47.35; 6.65.50.90/483,
Fax: 6.66.35.48

WATTMETRU DIGITAL CU CONTORIZARE E 0319

Se foloseşte la: – măsurarea cu precizie a puterii electrice debitate sau consumate şi contorizarea energiei;
– verificarea şi etalonarea contoarelor de energie electrică etc.

Funcţionează în regim trifazat sau monofazat. Puterea electrică este afişată cu 4 1/2 cifre, iar contorul are rezoluţie selectabilă.

Caracteristici tehnice (secund trafo):
Intervale de curenţi: (0 ... 5) A/10 A pe fiecare fază.
Scări de tensiune: (100 V / 57,7 V) 380 V / 220 V;
Eroare de măsurare (max): ± 0,02 % ct ± 0,03 % cs;
Frecvenţă de lucru: 50 Hz.
Poate furniza date pentru calculator (opţional). Termenul de garanţie este 3 ani.

DEBITMETRU ELECTRONIC CU CONTORIZARE N 0207

Este destinat măsurării debitelor lichidelor: apă, produse petroliere etc., în conducte cu diametre D_n: (30 ... 1500) mm. Cele două traductoare ultrasonice se montează pe conducta parcursă de fluid.

Caracteristici tehnice:
Debitul minim: 0,4 m^3/h;
Debitul maxim (la D_n max): 7400 m^3/h;
Frecvenţa de lucru: (1 ... 5) MHz.
Este prevăzut cu contorizare şi corespunde prevederilor OIML.

MILIOHMMETRU/REZISTIVIMETRU DIGITAL E 0342

Este destinat măsurării rezistenţei electrice a barelor metalice, cablurilor, sârmelor etc. Măsoară prin metoda de măsurare cu 4 fire.

Caracteristici tehnice:
Intervalul de măsurare: 10 μΩ ... 2 000 Ω;
Rezoluţie max.: 10 μΩ;
Timp de măsurare max.: 0,3 s;
Eroare de măsurare (max.): ± 0,02 % ct ± 0,03 % cs.
Termen de garanţie: 3 ani.

MULTIMETRU DIGITAL E 0309M

Multimetrul E 0309 M este de 4 1/2 cifre şi măsoară: tensiuni continue, tensiuni alternative şi rezistenţe.

Caracteristici tehnice:
Rezoluţia maximă: 10 μV(10 mΩ).
Măsurarea tensiunilor continue: interval 10 μV ... 1000 V;
Eroare de bază: ± 0,01 % ct ± 0,01 % cs.
Măsurarea tensiunilor alternative: interval 10 μV ... 350 V.
Măsurarea rezistenţelor : interval: 10 mΩ ... 2 000 kΩ.

SISTEME COMPLEXE PENTRU MĂSURAREA, MEMORAREA ŞI URMĂRIREA PARAMETRILOR ÎNTR-O SECŢIE SAU UZINĂ

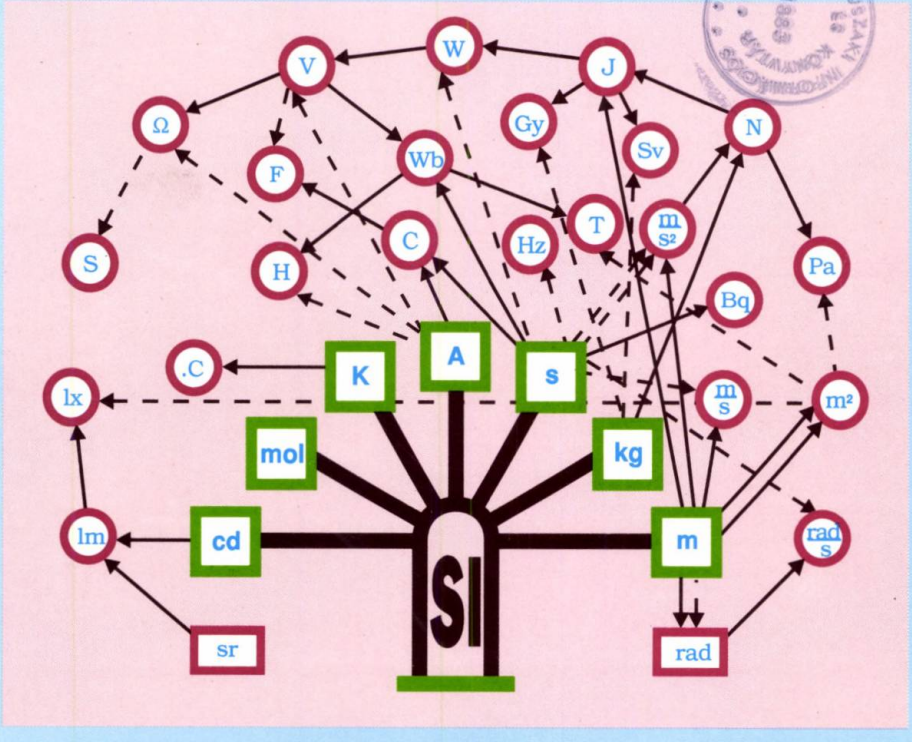
Sunt măsuraţi în regim permanent diferiţi parametri, printre care: debitul de lichid sau gaz, temperatură, presiune, consum de energie electrică, timp de funcţionare al maşinilor electrice etc. Informaţia analogică este convertită în digital, transmisă la distanţă şi memorată. Datele pot fi furnizate unui calculator care, în baza unui program poate stoca şi prelucra informaţia.

Lei 3500

INM Nr 2/1996

E8225
FF
8 000000 214317

metrologie



ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖZPONTI KÖNYVTÁR 1963

SUMMARY

DRAGOŞ BOICIUC, RODICA CRAMARESCU, ELENA DUGHEANU, DAN GEORGESCU: Dissemination of the measuring unit for lenght using block gauges. Calibration of first order standard block gauges using Cd114 rdiation 34

CONSTANTIN ILIESCU, MARIN GHINEA, BRANDUŞA PANTELIMON: Instantaneous frequency estimation for nonsteady signals using the Wigner-Ville transformation 43

TRAIAN JURCĂ: Deriving a general computation formula for the spectrum of the digitally synthesized sine wave 52

ASPECTS OF THE HISTORY OF METROLOGY

NICOLAE P. LEONĂCHESCU: The shepherds gathering "Sâmbra oilor", an original metrological institution 58

INFORMATION

SOMMAIRE

DRAGOŞ BOICIUC, RODICA CRAMARESCU, ELENA DUGHEANU, DAN GEORGESCU: La dissemination de l'unité de mesure pour la longueur en utilisant les cales étalons. L'étalonnement des cales étalons de première ordre en utilisant la radiation de CD 114 ... 34

CONSTANTIN ILIESCU, MARIN GHINEA, BRANDUŞA PANTELIMON: L'estimation de la fréquence instantanée des signaux nonstationnaires en utilisant la transformation Wigner-Ville 43

TRAIAN JURCĂ: La détermination d'une formule générale de calcul pour le spectre de la sinusoïde synthétisée numériquement 52

QUELQUES ASPECTS DE L'HISTOIRE DE LA MÉTROLOGIE

NICOLAE P. LEONĂCHESCU: Le rassemblement des bergers "Sâmbra oilor", un établissement métrologique original 58

INFORMATION

REDACŢIA

INSTITUTUL NAŢIONAL DE METROLOGIE

Şos. Vitan - Bârzeşti nr.11, sector 4, tel 6342060
şi 6344030/191; Bucureşti; 75669

ISSN 1200-546 X

EDIŢIE REALIZATĂ SUB ÎNGRIJIREA
Editurii Tehnice
Piaţa Presei Libere 1, sector 1, Bucureşti, cod poştal 71341,
tel. 222.66.30, fax 222.37.76

Cererile pentru abonamente vor fi adresate Editurii Tehnice, Biroul de comenzi şi desfacere,
Bucureşti, str. Oteteleşanu nr.1, sector 1, cod poştal 70702, tel. 615.88.66
cont virament 645151124 BCR, filiala sector 1.
Costul unui abonament anual este 14 000 lei.

ORSZÁGOS KÖZPONT 1983

METROLOGIE

Publicație tehnico-științifică

editată de

INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE

SUMAR

DRAGOȘ BOICIUC, RODICA CRAMARESCU, ELENA DUGHEANU, DAN GEORGESCU: Transmiterea unității de lungime la cale plan-paralele. Etalonarea calelor plan-paralele etalon ordin I, utilizând radiațiile Cd 114 34

CONSTANTIN ILIESCU, MARIN GHINEA, BRÂNDUȘA PANTELIMON: Estimarea frecvenței instantanee a semnalelor nestaționare cu transformată Wigner-Ville 43

TRAIAN JURCĂ: Determinarea unei formule generale de calcul a spectrului sinusoidei sintetizate numeric 52

PAGINI DIN ISTORIA METROLOGIEI

NICOLAE P. LEONĂCHIESCU: Sâmbra oilor, o instituție originală de metrologie 58

INFORMAȚII

*
* *

Colectivul de redacție: fiz. Dragoș Boiciuc, Viorica Burciu (*secretar de redacție*), ing. chim. Mirela Buzoianu, ing. Gabriel Iordăchescu, fiz. Gheorghe Ispășoiu, dr. ing. Aurel Millea (*redactor responsabil*), ing. Ionel Urdea.

METROLOGIE, vol. XLIII (Serie nouă) nr. 2/1996 p. 33–64

Transmiterea unității de lungime la cale plan-paralele. Etalonarea calelor plan-paralele etalon ordin I, utilizând radiațiile Cd 114

Dragoș Boiciuc
Rodica Cramarescu
Elena Dugheanu
Dan Georgescu)*

Abstract: *The paper describes the means and measurement method for I^st order gauge block calibration, using the absolute interference method and the processing of the measurement results. It is presented the uncertainty of measurements for end gauges calibration, length 0,5...200 mm, using wavelengths of ^{114}Cd monocromatic source of light, with our Kösters-Zeiss interferometer.*

Résumé: *Cet article a pour but de faire connaitre les moyens et la méthode de mesure intérferentielle absolue des calibre á bouts de Ier ordre. On présent l'incertitude de mesure obtenue dans l'étalonnage des cales plans-paraleles avec les longuers (0,5...200) mm, utilisant les sources de radiations fournisées par une lampe spectrale ^{114}Cd, équipant notre l'interféromètre type Kösters-Zeiss.*

1 Introducere

Calele plan-paralele sunt măsuri terminale de lungime construite din oțel, carbură metalică sau sticlă, sub formă de prisme drepte, a căror lungime între două fețe opuse denumite "suprafețe de măsurare", materializează lungimea pe care o reproduc (fig.1). Calele plan-paralele sunt utilizate la transmiterea unității de lungime la mijloacele de măsurat lungimi.

În funcție de abaterile tolerate, calele plan-paralele se fabrică în 5 clase de exactitate simbolizate după ISO-DIS 3650 astfel: 00,0, 1, 2 și 3 (sau AA, A, B, C și D). După incertitudine de etalonare calele plan-paralele se clasifică în 5 ordine de exactitate notate: I, II, III, IV și V. Calele plan-paralele etalon de referință de ordinul I au incertitudinea de etalonare egală cu:

$$u = \pm (0{,}02 \pm 0{,}2 \cdot L) \ \mu m$$

în care L este exprimat în m.

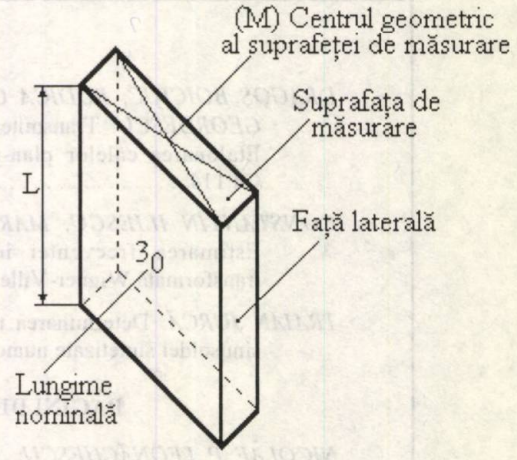


Fig. 1. Cală plan-paralelă

Etalonarea calelor plan-paralele etalon ordinul I, cu lungimi cuprinse între (0,5...100) mm, reprezintă una din preocupările importante ale Institutului Național de Metrologie în vederea asigurării exactității și uniformității măsurărilor de lungime în întreaga țară.

Până în prezent transmiterea unității de lungime în domeniul măsurilor terminale cu lungimi până la 100 mm se efectua prin metoda interferențială absolută, cu ajutorul comparatorului interferențial tip Kosters-Zeiss, utilizând ca etaloane secundare de lungime de undă lămpi spectrale normale cu Heliu și Kripton, care permiteau măsurarea interferențială a calelor plan-paralele pe următoarele intervale de lungime:

(0,5...25) mm, în cazul utilizării radiațiilor lămpii cu Heliu

(30...100) mm, în cazul utilizării radiațiilor lămpii cu Kripton

*) Institutul Național de Metrologie, șos.Vitan-Bârzești nr.11, sector 4, București.

2 Comparatorul interferențial tip Kösters-Zeiss

Transmiterea unității de lungime la cale plan-paralele etalon de referință de ordinul I, cu lungimi L până la 100 mm, se efectuează prin metoda interferențială absolută, cu ajutorul comparatorului interferențial tip Kösters-Zeiss (fig. 2). Comparatorul intereferențial tip Kösters-Zeiss conține următoarele părți principale [3,7]:

1 – monocromatorul care furnizează lumina monocromatică a radiațiilor emise de sursă, compus din:
- fanta de intrare a colimatorului F_i
- obiectivul colimatorului *Co*
- prisma de dispersie *P*

2 – interferometrul tip Michelson format din:
- divizorul de fascicul *I*
- lama de compensare *L*
- oglinda fixă *Of*
- sticla optic plană *Sop* pentru aderarea calei plan-paralele *Cpp*

3 – luneta de vizare pentru observarea fenomenului de interferență compusă din:
- obiectiv *Lu*
- fanta de ieșire *Fe*

4 – sursa de radiație care poate fi o lampă spectrală cu ^{86}Kr, ^{114}Cd, ^{198}Hg sau un laser stabilizat pe mai multe frecvențe .

Comparatorul interferențial, cu excepția sursei de radiație, este închis într-o incintă termostatată prevăzută cu mecanisme de reglare a măsuței port-obiect amplasate în afara instalației. De asemenea în afara incintei termostatate se găsește și tamburul gradat în lungimi de undă pentru alegerea radiației în care se face măsurarea fracțiunilor de interfranjă. Comparatorul interferențial mai este echipat cu un barometru cu mercur etalonat cu o incertitudine de 0,2 mm Hg, termometre cu valoarea diviziunii 0,02°C, sau 0,01°C și un psihrometru.

Comparatorul interferențial tip Kösters-Zeiss a fost inițial echipat cu lămpi spectrale cu Heliu și Kripton, care din cauza monocromaticității reduse au o lungime de coerență și o vizibilitate redusă. Aceste lămpi nu au mai fost fabricate pentru acest scop, iar cele existente prezintă o uzură fizică pronunțată, ce se manifestă prin scăderea vizibilității franjelor de interferență, ceea ce conduce la imposibilitatea etalonării calelor plan-paralele etalon secundar ordinul I.

Pentru asigurarea continuității lucrărilor de transmitere a unității de lungime la măsurile terminale etalon secundar ordinul I, în conformitate cu prevederile recomandărilor internaționale în acest domeniu, s-a decis înlocuirea acestor lămpi cu lămpi spectrale izotopic pure și anume cu Cadmiu 114.

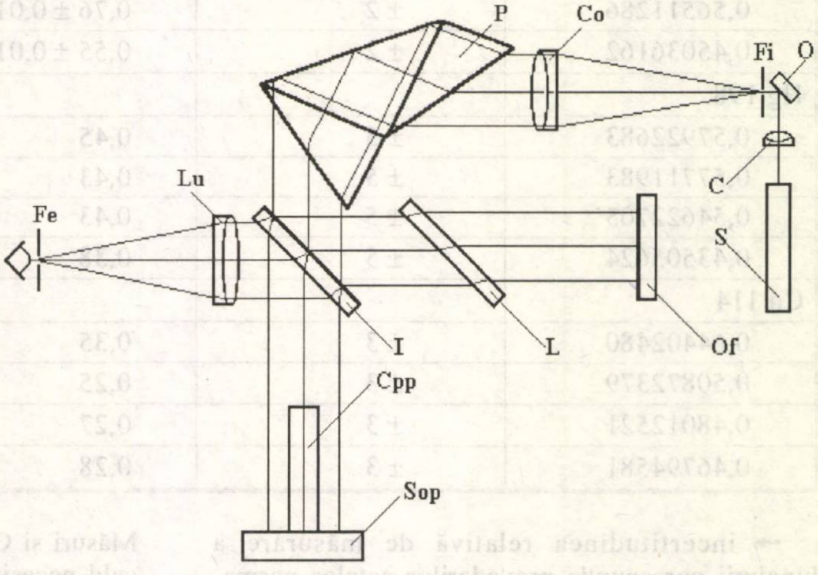


Fig. 2. Comparatorul interferențial tip Kösters–C. Zeiss

Cea de a 17-a Conferință Generală de Măsuri și Greutăți care a avut loc la Paris – oct. 1983, în urma adoptării noii definiții a unității de lungime pe baza vitezei luminii în vid, c, recomandă în cea de a 2-a Rezoluție a Comitetului Internațional de Măsuri și Greutăți ca "metrul" să fie realizat și cu ajutorul radiațiilor emise de lămpi spectrale, astfel:

- radiația emisă de lampa cu Kr 86 corespunzătoare tranziției între nivelele $2p_{10} - 5d_5$, cu o incertitudine relativă $\pm 4 \cdot 10^{-9}$, sau
- radiațiile atomilor de Kr 86, Hg 198, sau Cd 114, recomandate de Comitetul Internațional de Măsuri și Greutăți – sesiunea 52-a, oct. 1963, cu valorile lungimilor de undă și incertitudinile indicate de Comitetul Internațional de Măsuri și Greutăți la sesiunea 72-a – oct. 1983 – Rezoluția a 2-a, conform datelor din tabelul 1 [1,2].

Adoptarea soluției privind utilizarea lămpii spectrale cu Cd 114 la măsurarea prin metoda interferențială absolută a calelor plan-paralele etalon ordinul I cu lungimi L cuprinse între (0,1...250) mm s-a făcut din următoarele considerente:

Tabelul 1

Lungimea de undă în vid (μm)	Incertitudinea relativă $*10^{-8}$	Lungimea de coerență (m)	Lungimea de undă, calculată în aer la 20°C, presiunea 1013 mbar, umiditate 13,3 mbar (μm)
Kr 86			
0,6057802106	± 0,4	0,84 ± 0,01	0,605615732
0,64580720	± 2	0,65 ± 0,01	0,645632187
0,64228006	± 2	0,70 ± 0,01	0,642105976
0,56511286	± 2	0,76 ± 0,01	0,564959058
0,45036162	± 2	0,55 ± 0,01	0,450237734
Hg 198			
0,57922683	± 5	0,45	0,579069326
0,57711983	± 5	0,43	0,576962879
0,54622705	± 5	0,43	0,546078190
0,43505624	± 5	0,38	0,435836077
Cd 114			
0,64402480	± 3	0,35	0,643850257
0,50872379	± 3	0,25	0,508584736
0,48012521	± 3	0,27	0,479993603
0,46794581	± 3	0,28	0,467817367

→ incertitudinea relativă de măsurare a lungimii corespunde prevederilor actelor normative interne și internaționale pentru etaloane ordinul I, iar metoda de măsurare permite extinderea intervalului de etalonare de la 100 mm la 250 mm, conform intervalului de coerență al radiațiilor emise de lampa cu Cd 114;

→ cheltuielile implicate de adoptarea acestei soluții sunt minime în raport cu cele legate de utilizarea altor tipuri de lămpi spectrale (care necesită cheltuieli mai mari pentru achiziționarea lămpilor, a echipamentelor de răcire, pentru asigurarea funcționării lor în conformitate cu prevederile recomandărilor internaționale);

→ posibilitatea adaptării lămpii cu Cd 114 la comparatoarele tip Kösters-Zeiss din dotarea laboratorului, în vederea utilizării acestei metode în lucrările de transmitere a unității de lungime la măsurile terminale etalon de ordinul I într-un termen scurt (pentru satisfacerea cererilor privind etalonarea calelor plan-paralele etalon ordin I din dotarea agenților economici și a laboratoarelor teritoriale de metrologie).

Lampa cu Cadmiu 114 este o lampă cu catod cald realizată de PTB – Braunschweig – Germania [4]. Lampa satisface condițiile metrologice impuse de Rezoluția a 2-a a Comitetului Internațional de Măsuri și Greutăți – oct. 1983. Lămpile cu catod cald necesită condiții de funcționare mai ușor de realizat decât al lămpilor excitate în înaltă frecvență, liniile lor spectrale sunt mai nete, fiind corespunzătoare metodei de etalonare a excedentelor fracționare – care reprezintă metoda utilizată de Institutul Național de Metrologie pentru etalonarea calelor plan-paralele cu lungimi L până la 100 mm (ajungându-se chiar până la 250 mm), conform datelor din tabelul 1.

Lampa cu Cadmiu 114 (fig. 3 *a*) se prezintă ca un tub cu pereți dubli. Tubul interior este un tub de descărcare care conține Argon la presiunea 133 $N \cdot m^{-2}$ (1 mm Hg) și 5 mg Cd 114 redistilat cu o puritate mai bună de 98,9 % (satisfacând condițiile impuse de Rezoluția a 2-a a CIMG 1963).

Tubul este din cuarț și este prevăzut cu 2 bulbi sferici la capete, unde sunt montați electrozii de activare. Partea cilindrică are un diametru interior de 6 mm și lungimea de aproximativ 20 mm. Lungimea totală a tubului interior este 50 mm. Pentru menținerea uniformității temperaturii de funcționare tubul de descărcare este montat într-o lampă tubulară vidată, cu diametrul interior aproximativ 20 mm și lungimea aproximativ 150 mm. Electrozii tubului de descărcare sunt legați la un soclu cu 9 pinuri. Tensiunea filamen-

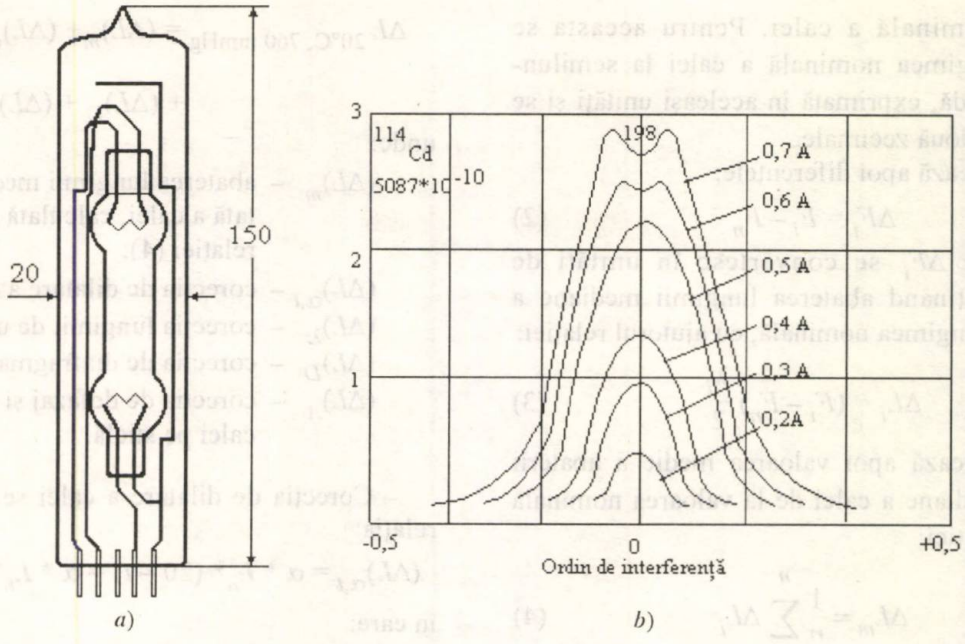


Fig. 3. *a*) Lampa cu ^{114}Cd
b) Profilul spectral al liniei $5087*10^{-10}$ m

tului este 4 V, puterea 3 W. Descărcarea funcționează utilizând o sursă de alimentare 220 V, în serie cu o reactanță pentru reglarea intensității curentului la 0,3 A. Tensiunea de descărcare este aproximativ 14 V ca. Profilul spectral al liniilor emise de lampa cu Cd 114 (fig. 3 *b*) denotă o structură netă a liniilor, semilărgimea liniilor rămâne aproape neschimbată la intensități ale curentului de (0,3...0,5) A, cu excepția liniei verzi ($\lambda = 5087.10^{-10}$ m), la care apare o autoinversie (dublare) a liniei la intensități ale curentului ce depășesc 0,5 A (la valori de (0,6...0,7) A). De asemenea apare o creștere a semilărgimii liniei cu aproximativ 50 % față de semilățimea inițială.

Lungimile de undă ale radiațiilor lămpii cu Cd 114 sunt în deplină concordanță cu valorile recomandate de Comitetul Internațional de Măsuri și Greutăți, valorile lor fiind date în tabelul 1.

3 Metoda interferențială de etalonare a calelor plan-paralele etalon ordinul I

Lungimea calei L se poate determina conform relației:

$$L = (N + F)\frac{\lambda_i}{2} \qquad (1)$$

unde:

L – lungimea nominală a calei,

N – numărul întreg de franje, corespunzător lungimii calei,

F – fracțiunea de franjă de interferență,

λ_i – lungimea de undă a radiației utilizate, în μm.

Metoda de etalonare a calelor plan-paralele cu lungimi până la 100 mm, adoptată de majoritatea laboratoarelor metrologice naționale (PTB – Germania, NPL – Anglia, INM – Franța), este metoda excedentelor fracționare. Conform acestei metode, se neglijează numărul întreg de franje N și se determină numai fracțiunile de interfranjă F_i dintre cele două sisteme de franje (fig. 4), de pe sticla optic plană 1 aderată la cală și de pe cala plan paralelă 2. Aceste fracțiuni F_i se determină în minim trei lungimi de undă λ_i repartizate aproximativ uniform în spectrul vizibil.

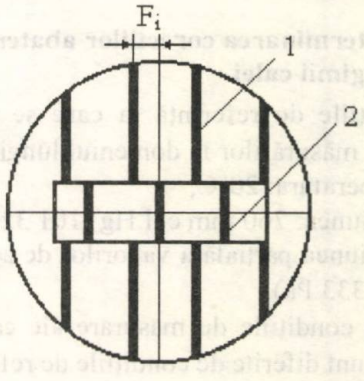


Fig. 4. Franje de interferență

Se calculează seria de fracțiuni nominale, F_n, care sunt univoc determinate pentru fiecare

lungime nominală a calei. Pentru aceasta se împarte lungimea nominală a calei la semilungimea de undă, exprimată în aceleași unități și se iau primele două zecimale.

Se calculează apoi diferențele:

$$\Delta F_i = F_i - F_n \qquad (2)$$

Valoarile ΔF_i se convertesc în unități de lungime, obținând abaterea lungimii mediane a calei de la lungimea nominală, cu ajutorul relației:

$$\Delta L_i = (F_i - F_n)\frac{\lambda_i}{2} \qquad (3)$$

Se calculează apoi valoarea medie a abaterii lungimii mediane a calei de la valoarea nominală conform relației:

$$\Delta L_m = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} \Delta L_i \qquad (4)$$

Semnul abaterii este pozitiv, respectiv negativ, funcție de aspectul crescător, sau descrescător al seriei diferențelor de fracțiuni, rezultate în urma determinărilor efectuate pentru o cală plan-paralelă.

Sursa de radiație monocromatică a fost inițial o lampă spectrală cu He natural a cărei lungime de coerență permitea măsurarea lungimii calelor de până la 25 mm, sau o lampă spectrală cu Kr cu care se puteau efectua măsurări până la 100 mm, apoi s-au utilizat lămpi spectrale izotopic pure cu ^{114}Cd care permit măsurarea calelor cu lungimi nominale până la 200 mm. Din cauza vizibilității slabe a franjelor, ca și a lungimii de coerență mici, aceste surse au fost înlocuite cu lasere stabilizate care generează mai multe lungimi de undă .

4 Determinarea corecțiilor abaterii lungimii calei

Condițiile de referință la care se raportează rezultatul măsurărilor în domeniul lungimii sunt:

– temperatura: 20°C,

– presiunea: 760 mm col.Hg (101 325 Pa),

– presiunea parțială a vaporilor de apă: 10 mm col.Hg (1333 Pa).

Deoarece condițiile de măsurare ale calelor plan paralele sunt diferite de condițiile de referință, este necesar să se determine corecția abaterii lungimii calei de la valoarea nominală [OIML Recomandarea 30], în condiții de referință, $L_{20°C,760\ mm\ Hg}$, astfel:

$$\Delta L_{20°C,\ 760\ mmHg} = (\Delta L)_m + (\Delta L)_{\alpha t} + (\Delta L)_\lambda + (\Delta L)_D + (\Delta L)_A \qquad (5)$$

unde:

$(\Delta L)_m$ – abaterea lungimii mediane necorectată a calei, calculată conform relației (4);

$(\Delta L)_{\alpha,t}$ – corecția de dilatare a calei,

$(\Delta L)_\lambda$ – corecția lungimii de undă,

$(\Delta L)_D$ – corecția de diafragmă,

$(\Delta L)_A$ – corecția de defazaj și de aderare a calei pe sticlă.

– Corecția de dilatare a calei se determină cu relația:

$$(\Delta L)_{\alpha,t} = \alpha * L_n * (20 - t) = \alpha * L_n * \Delta t\ (\mu m) \qquad (6)$$

în care:

t – temperatura medie a calei, în °C,

L_n – lungimea nominală a calei, în m,

α – coeficientul de dilatare liniară al calei, în 10^{-6} K.

– Corecția lungimii de undă. Calculul fracțiunilor nominale s-a efectuat pe baza lungimilor de undă date în condiții de referință. Dacă condițiile de măsurare nu sunt aceleași cu condițiile de referință trebuie aplicată o corecție $(\Delta L)_\lambda$, pentru a ține cont de lungimea de undă utilizată (având în vedere influența variației indicelui de refracție al mediului asupra lungimii de undă). Această corecție se calculează cu formula:

$$\Delta L_\lambda = \left(1 - \frac{n}{n_N}\right) L_n \qquad (7)$$

unde:

n – indicele de refracție al mediului în condițiile de măsurare,

n_N – indicele de refracție al mediului în condiții de referință,

L_n – lungimea nominală a calei de măsurat.

Întrucât indicele de refracție al mediului în condițiile de măsurare este greu de măsurat cu suficientă exactitate, corecția lungimii de undă este aproximativ egală cu:

$$(\Delta L)_\lambda = [K_1 (t - 20) - K_2 (p - 760) + K_3 (e - 10)]\, L_n \qquad (8)$$

unde:

t – temperatura medie a aerului în momentul determinării,

p – presiunea aerului în mm col Hg,

e – presiunea vaporilor de apă în mm coloana Hg,

L_n – lungimea nominală a calei în m.

Valorile coeficienților K_1, K_2, K_3 sunt funcție de valoarea lungimii de undă și au valorile din tabelul 2 [12]:

Tabelul 2

λ (μm)	K_1 (μm/K)	K_2 (μm/Pa)	K_3 (μm/Pa)
0,450	0,941	0,362	0,055
0,500	0,936	0,360	0,055
0,550	0,932	0,359	0,056
0,606	0,929	0,357	0,056
0,633	0,927	0,357	0,056

Așa cum rezultă din calcul, pentru lungimi ale calelor de până la 100 mm influența variației acestor coeficienți funcție de lungimea de undă este de ordinul a 2×10^{-3} μm, ceea ce permite utilizarea valorilor lor medii date pentru lungimea de undă de 0,550 μm, astfel:

$K_1 = 0{,}932$ μm/K; $K_2 = 0{,}359$ μm/Pa;
$K_3 = 0{,}056$ μm/Pa.

– Corecția de diafragmă $(\Delta L)_D$ reprezintă corecția lungimii calei, funcție de dimensiunile diafragmei de intrare a interferometrului Kösters-Zeiss. Valoarea acestei corecții se determină cu relația:

$$(\Delta L)_D = L_n \frac{b^2 + h^2}{24 f^2} \times 10^{-6} \text{ μm} \qquad (9)$$

în care:

L_n – lungimea nominală a calei, în m,
b – înălțimea diafragmei de intrare a interferometrului în mm,
h – lățimea diafragmei de intrare a interferometrului în mm,
f – distanța focală a colimatorului interferometrului în mm.

Pentru valorile dimensiunilor diafragmei de intrare reglate în vederea obținerii unei vizibilități maxime a franjelor de interferență:

$b = 1{,}1$ mm
$h = 0{,}8$ mm
$f = 210$ mm

se obțin valori între 0 și 0,35μm, pentru valori ale lungimii calei plan paralele cuprinse între 0,5 și 200 mm.

– Corecția de schimbare de fază și aderare a calei se aplică în cazul aderării calei de măsurat din oțel, pe o sticlă optic plană. Această corecție, denumită "corecție oțel-sticlă", se definește ca diferența între lungimea obținută la măsurarea interferențială a calei aderate pe o placă din oțel, cu aceeași rugozitate cu cea a suprafeței de măsurare a calei și lungimea calei aderate pe o sticlă plană. Această corecție se determină experimental ca diferența între lungimea calelor obținută la măsurarea acestora aderate separat pe sticle optic plane și lungimea obținută la măsurarea lor aderate în blocuri de cale.

În cazul interferometrului tip Kösters-Zeiss aderarea calelor se face pe sticle optic plane, iar valorile acestei corecții sunt, de exemplu:

$K_{o\text{-}s} = +0{,}06$ μm pentru cale plan-paralele de fabricație C.Zeiss-Germania, aderate pe sticle de aceeași fabricatie,

$K_{o\text{-}s} = +0{,}04$ μm pentru cale plan-paralele fabricație KI–Rusia, aderate pe sticle de fabricație C. Zeiss–Germania.

5 Valoarea convențional adevărată a lungimii calei

Valoarea convențional adevărată a lungimii calei se determină cu relația:

$$L_{ca} = L_n + (\Delta L)_{20°C,\ 760\ \text{mm Hg}} \pm u_\Sigma \qquad (10)$$

în care:

L_n – lungimea nominală a calei
$(\Delta L)_{20°C,\ 760\ \text{mm Hg}}$ – corecția calei pentru condiții de referință, determinată conform celor prezentate anterior
u – incertitudinea globală de măsurare, determinată pe baza componentelor sale.

6 Evaluarea incertitudinii de etalonare

Pentru evaluarea incertitudinii de etalonare se pleacă de la relația (5) care exprimă corecția abaterii lungimii calei plan paralele de la valoarea nominală, în condiții de referință și relațiile (6), (7), (8), (9) care exprimă componentele acestei

corecţii. Corecţia abaterii lungimii calei de la valoarea nominală în condiţii de referinţă, ΔL_c este dependentă de variabilele: ΔF, α, t, p, l, b, h şi f şi se poate scrie [9, 12, 14]:

$$\Delta L_c = F(\Delta F, \alpha, t, p, l, b, h, f)$$

Aceste variabile sunt independente între ele şi se măsoară separat.

Incertitudinea compusă u_c se poate determina cu relaţia:

$$u = \sigma_c = \sqrt{\left(\frac{\delta F}{\delta x_1}\right)^2 \sigma_1^2 + \left(\frac{\delta F}{\delta x_2}\right)^2 \sigma_2^2 + \left(\frac{\delta F}{\delta x_3}\right)^2 \sigma_3^2 + \ldots} \quad (11)$$

în care funcţia F are expresia dată de relaţia (5):

$$L_{20°C,\ 760\ mmHg} = (\Delta L)_m + (\Delta L)_{\alpha,t} + (\Delta L)_\lambda + (\Delta L)_D + (\Delta L)_A$$

Deci incertitudinea de etalonare va avea expresia:

$$u_c = \left[2\left(\frac{\partial(\Delta L)_m}{\partial(\Delta F)}\right)^2 \sigma_{\Delta F}^2 + \left(\frac{\partial(\Delta L)_{\alpha t}}{\partial \alpha}\right)^2 \sigma_\alpha^2 + \left(\frac{\partial(\Delta L)_{\alpha t}}{\partial t}\right)^2 \sigma_t^2 + \left(\frac{\partial(\Delta L)_\lambda}{\partial t}\right)^2 \sigma_{\lambda t}^2 + \left(\frac{\partial(\Delta L)_\lambda}{\partial p}\right)^2 \sigma_{\lambda p}^2 + \left(\frac{\partial(\Delta L)_\lambda}{\partial e}\right)^2 \sigma_e^2 + \left(\frac{\partial(\Delta L)_D}{\partial b}\right)^2 \sigma_b^2 + \left(\frac{\partial(\Delta L)_D}{\partial h}\right)^2 \sigma_h^2 + \left(\frac{\partial(\Delta L)_D}{\partial f}\right)^2 \sigma_f^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

În continuare este necesar să se calculeze derivatele parţiale ale acestor funcţii şi să se precizeze abaterile standard ale mărimilor care intervin în relaţie.

a) Abaterea lungimii mediane necorectate este dată de relaţia (3) şi prin derivare se obţine:

$$\frac{\partial(\Delta L)_m}{\partial(\Delta F)} = \frac{\partial}{\partial(\Delta F)}\left(\Delta F \frac{\lambda}{2}\right) = \frac{\lambda}{2} \quad (13)$$

Incertitudinea de măsurare a fracţiunilor de franjă este legată de posibilitatea operatorului de a aprecia decalajul franjelor de pe cala plan paralelă faţă de cele de pe sticla optic plană şi se determină experimental din patru serii de măsurări. De asemeni corecţia de aderare se determină experimental prin aderarea şi măsurarea calelor separate şi apoi aderate în blocuri de cale. Astfel incertitudinea corecţiei de aderare este egală cu cea de măsurare a fracţiunilor de franjă. In consecinţă aceasta s-a dublat. Abaterea standard a acestor determinări este: $\sigma_{\Delta F} = 1/20$.

b) Corecţia de dilatare este dată de relaţia (6) şi prin derivare se obţine:

$$\frac{\partial(\Delta L)_{\alpha t}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}\left[\alpha * L_n\ (20 - t)\right] = \alpha * L_n \quad (14)$$

Abaterea standard la determinarea valorii coeficientului de dilatare liniară este $\sigma_\alpha = \pm 1 \cdot 10^{-6}$, iar a măsurării temperaturii $\sigma_t = 0{,}01$ °C.

c) Corecţia lungimii de undă este dată de relaţia (7) de unde prin derivare se obţine:

$$\frac{\partial(\Delta L)_{\alpha t}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}\left\{ [\, k_1(t - 20) - k_2(p - 760) + k_3(e - 10)\,] L_n \right\} = k_1 L_n$$

$$\frac{\partial(\Delta L)_{\alpha t}}{\partial p} = -\, k_2 L_n \quad (15)$$

$$\frac{\partial(\Delta L)_{\alpha t}}{\partial e} = -\, k_3 L_n$$

Abaterile standard în cadrul acestor măsurări sunt:

$\sigma_t = \pm 0{,}1$ °C,

$\sigma_p = \pm 0{,}1$ mm col Hg

$\sigma_e = \pm 0{,}2$ mm col Hg

d) Corecţia de diafragmă este dată de relaţia (9) şi prin derivare se obţine:

$$\frac{\partial(\Delta L)_D}{\partial b} = \frac{\partial}{\partial \alpha}\left[\frac{b^2 + h^2}{24 f^2} L_n\right] = \frac{b}{12 f^2} L_n$$

$$\frac{\partial(\Delta L)_D}{\partial h} = \frac{h}{12 f^2} L_n \quad (16)$$

$$\frac{\partial(\Delta L)_D}{\partial f} = \frac{-2(h^2 + b^2)}{12 f^3} L_n = -\frac{b^2 + h^2}{6 f^3} L_n$$

În care abaterile standard sunt:

$\sigma_b = \pm 0{,}05$ mm;

$\sigma_h = \pm 0{,}05$ mm;

$\sigma_f = \pm 1$ mm.

Prin introducerea expresiilor (13),...,(16) în relaţia (12) se obţine:

$$u_c = \left[2\frac{\lambda^2}{4}\sigma^2_{\Delta F} + L_n^2 \Delta t \sigma_\alpha^2 + \alpha^2 L_n^2 \sigma_t^2 + k_1^2 L_n^2 \sigma_t^2 + \right.$$

$$+ k_2^2 L_n^2 \sigma_p^2 + k_3^2 L_n^2 \sigma_e^2 + \left(\frac{b}{12f^2}\right)^2 L_n^2 \sigma_b^2 + \quad (17)$$

$$\left. + \left(\frac{h}{12f^2}\right)^2 L_n^2 \sigma_h^2 + \left(\frac{b^2 + h^2}{6f^3}\right)^2 L_n^2 \sigma_f^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Înlocuind valorile în relaţia (17) se obţine:

$$u_c = \left\{ \frac{0{,}6^2}{2 \cdot 400} + L_n^2 \left[10^{-14} + 11{,}5^2 \cdot 10^{-16} + \right.\right.$$

$$+ 0{,}932^2 \cdot 10^{-14} + 0{,}359^2 \cdot 10^{-14} + 0{,}056^2 \cdot 4 \cdot 10^{-14} +$$

$$+ \left(\frac{0{,}8}{12 \cdot 210^2}\right)^2 \cdot 0{,}0025 + \left(\frac{1{,}1}{12 \cdot 210^2}\right)^2 \cdot 0{,}0025 +$$

$$\left.\left. + \left(\frac{0{,}8^2 + 1{,}1^2}{6 \cdot 210^3}\right)^2 \cdot 1 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

şi efectuând calculele se obţine relaţia:

$$u_c = 10^{-2} \left(4{,}500 + 5{,}093 \cdot 10^{-10} \cdot L_n^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (18)$$

Incertitudinea globală se calculează conform relaţiei:

$$u_\Sigma = \pm k_\Sigma u_c \quad (19)$$

în care k_Σ este coeficientul global de amplificare [14]. Valoarea coeficientului k_Σ pentru un număr de 5 componente ale incertitudinii de măsurare şi un nivel de încredere de $P = 95\%$ este: $k_\Sigma = 1{,}12$. Deci relaţia (19) devine pentru acest caz:

$$k_\Sigma = \pm 1{,}12\ u_c.$$

Luând câteva valori concrete pentru lungimea nominală a calelor plan paralele din intervalul de măsurare al comparatorului interferenţial Kösters se obţin valorile din tabelul 3.

Din valorile obţinute în tabelul 3 rezultă că incertitudinea de etalonare a calelor plan paralele cu ajutorul interferometrului Kösters satisface cerinţele Recomandării internaţionale OIML Nr. 30/1990 care prevăd o incertitudine de: $u = (0{,}02 + 0{,}2L)$ µm, unde L este exprimat în m.

Tabelul 3

L_n (mm)	Incertitudinea compusă de etalonare u_c (µm)	Incertitudinea globală de etalonare u_μ (µm)	Incertitudinea de etalonare admisă de OIML 30 (µm)
1	0,021	0,023	0,020
10	0,021	0,023	0,022
20	0,022	0,024	0,024
50	0,024	0,027	0,030
100	0,031	0,034	0,040

7 CONCLUZII

Metoda de etalonare a calelor plan-paralele etalon ordinul I analizată în cadrul lucrării exprimă o bună concordanţă cu rezultatele experimentale, incertitudinea de măsurare fiind conform prevederilor recomandărilor OIML Nr. 30/1990 şi OIML "Ierarhizarea mijloacelor de măsurare", care prevăd ca incertitudinea de măsurare a calelor plan-paralele etalon ordinul I să fie de $\pm(0{,}02+0{,}2 \cdot L)$ µm.

Măsurările comparative ale unor cale plan-paralele, etalonate succesiv, utilizând atât surse de radiaţie emise de o lampă cu Heliu (pentru etalonarea unor cale cu lungimi nominale până la 25 mm), cât şi de o lampă cu Cd 114, etalonări efectuate la Institutul Naţional de Metrologie Bucureşti, de 2 operatori, relevă diferenţe între valorile corecţiilor aceloraşi cale de maximum ± 0,03 µm, conform datelor din anexa 1. Diferenţele obţinute între valorile corecţiilor unei cale cu

lungimea nominală L=100 mm, determinate de 2 operatori diferiți (notați I, II în anexa 1), efectuate la Institutul Național de Metrologie – București și apoi la BIPM – Franța, sunt cuprinse între 0,02...0,03 μm, conform datelor prezentate în anexa 1. Aceste diferențe relevă o bună concordanță a măsurărilor și dau certitudinea asigurării transmiterii corecte a unității de lungime la măsuri terminale etalon ordin I, în conformitate cu prevederile normelor internaționale pentru aceste măsuri de lungime, de importanță deosebită în asigurarea metrologică în domeniul lungimi.

ANEXA 1

Lungimea nominală (mm)	Valori medii ale corecțiilor (μm) la t = 20°C, p = 760 mm Hg				Diferențe corecții (μm) $c_{He} - c_{Cd\ 114}$	
	Măsurări He		Măsurări Cd 114			
	I	II	I	II	I	II
1,001	0,11	0,12	0,12	0,12	0,01	0
1,5	0,11	0,12	0,10	0,12	0,01	0
10	0	-0,03	-0,02	-0,03	0,02	0
20	-0,04	-0,02	-0,05	-0,03	0,01	0,01
25	-0,06	-0,06	-0,08	-0,03	0,02	0,03
Etalonare BIPM 100	-0,205					
Etalonare INMB 100			-0,237	-0,228	0,032	0,023

BIBLIOGRAFIE

[1] BIPM "Comité consultativ pour la definition du mètre". Paris 1973, 1983, 1992.

[2] *W. Rowley* "The definition of the meter; some indirect consequences and changes of view point" Buletin BNM, oct 1986, p. 21 – 24.

[3] *W.H.Steel* "Interferometry". Cambridge. 1977.

[4] *E.J.Engelhard, F.Bayer Helms* "^{114}Cd and ^{198}Hg Hot Cathode Spectral Lamps for Interferometry", PTB Braunschweig, Germany.

[5] *D.Boiciuc* "Materializarea definiției metrului in România". Metrologie nr. 2–4 1994.

[6] *Terrien J.* Etalons de longueur d'onde, étalon optiques de frequence et de la vitesse de la lumiere, Nouv. Rev.Optique, 1973, t. 4, no. 4.

[7] *Bouchareine P.* L'interferometrie de l'Institut National de Metrologie pour la comparaison des longueurs d'onde lumineuses, Bulletin d'information du BNM No. 14, 1987.

[8] *** BIPM Bureau International des Poids et Mesures, 1875 – 1975, Cent ans de Métrologie, BIPM Sévres, France 1975.

[9] Millea A. Cartea metrologului, Editura tehnică, 1985.

[10] *** International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM), second edition, 1993, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland

[11] *** Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition, 1993, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerrland

[12] *** OIML Organizatia Internațională de Metrologie Legală: Recommandation Internationale OIML R 30, Mesures de longueur á bouts plans, 1990.

[13] *** STAS 11 071/1 – 88, "Metrologie legală. Schema de transmitere a unității de lungime".

[14] *** STAS 2 872/1 – 86, "Prelucrarea rezultatelor măsurărilor".

Estimarea frecvenței instantanee a semnalelor nestaționare cu transformata Wigner-Ville

CONSTANTIN ILIESCU
MARIN GHINEA
BRANDUȘA PANTELIMON *)

Abstract: *Quite often, one meets with the practical need to measure or to characterize signals whose frequency changes with time, as it is the case for example with Doppler effect applications and with vocal signal analysis. One of the most efficient methods in these cases is the signals characterization in time-frequency coordinates using the Wigner-Ville transformation (TWV). So far several discrete TWV (TWVDS) are suggested and analysed. The uncertainty associated with the instantaneous frequency determination using TWV is also discussed.*

Résumé: *La nécessité practique de mesurer et de caractériser des signeaux à fréquence changeable avec le temps surgise souvent, les exemples les plus communs en étant les applications de l'effet Doppler et l'analyse du signal vocal. Une des plus efficaces méthodes est de caractériser les signeaux en coordonnés temps-fréquence, en utilisant la transformée Wigner-Ville (TWV). Plusieurs versions discretes de la TWV continue ont été proposées. Dans cet article, on propose et on analyse quelques versions de la TWV discrete simplifiée (TWVDS) et on discute l'incertitude associée à la détermination de la fréquence instantanée en utilisant la TWV.*

1 Introducere

În practică apare de multe ori necesitatea de a măsura sau caracteriza semnale a căror frecvență se modifică în timp, exemplele cele mai curente fiind aplicațiile bazate pe efectul Doppler și analiza semnalului vocal.

În vederea atingerii acestui obiectiv, au fost propuse mai multe metode, dintre care metodele timp-frecvență s-au detașat net. Una dintre metodele cele mai eficiente în caracterizarea semnalelor în planul timp-frecvență este metoda transformatei Wigner-Ville (TWV).

*) Universitatea "POLITEHNICA" București, Splaiul Independenței nr. 313.

Lucrarea de față își propune să analizeze câteva versiuni ale TWV discretă simplificată (TWVDS) și să abordeze incertitudinea de determinare a frecvenței instantanee a unor semnale evolutive. Compararea caracteristicilor lor, precum și discutarea aspectelor practice de calcul, permit elucidarea anumitor noțiuni legate de efectele discretizării temporale și frecvențiale a semnalului asupra TWV continui, ușurând astfel alegerea diverselor TWV discrete posibile.

Transformata Wigner-Ville (TWV), mult studiată în ultimii ani, este acum în general recunoscută ca un instrument fundamental și puternic pentru analiza semnalelor nestaționare.

Succesul aplicațiilor sale în multe domenii este unul dintre motivele pentru care este necesar să se facă evaluarea numerică cu ajutorul algoritmului FFT, bine cunoscut.

Căutarea de algoritmi de calcul numerici rapizi pentru TWV, care să poată fi implementați eficient pe calculator, continuă să prezinte un interes practic deosebit. Pentru interpretarea rezultatelor obținute grație acestui instrument, este important de stăpânit caracteristicile TWV discrete.

Deși problema discretizării TWV a fost mult discutată de Claasen și Mecklenbrauker [1], definițiile care au fost propuse în scopul conservării tuturor proprietăților posibile ale TWV continue nu acoperă în întregime domeniul și nu pot fi utilizate imediat pentru tratarea numerică concretă.

Ca urmare, pentru o implementare concretă, TWV trebuie să se prezinte sub forma discretă atât în timp cât și în frecvență.

Prima analiză asupra discretizării în timp și frecvență a TWV a fost abordată în [1]. O dezvoltare teoretică mai completă ar putea permite să se propună o definiție unificată a TWV, discretizată în timp și frecvență. Studiul discretizării în timp și frecvență a TWV continui ridică probleme legate de calculul, implementarea și interpretarea TWV discrete.

De altfel, în [1] este arătat prin exemple că încercarea de a obține TWV discrete plecând de la

formulele discrete în timp, înlocuind pur şi simplu variabila continuă frecvenţă printr-o variabilă discretă, este o operaţie necontrolată care poate conduce la false interpretări ale rezultatelor.

În continuare se încearcă a se elucida aceste probleme, propunând TWV discretă simplificată (TWVDS).

2 TWVD generală

TWV a unui semnal mono-dimensional oarecare şi de energie finită este o funcţie continuă de două variabile, timpul şi frecvenţa, discretizarea trebuind să se facă după amândouă variabilele, t şi f.

Pe de altă parte, cum nu avem nici un motiv de a favoriza una din aceste variabile în discretizare, un mod logic de a obţine TWV discretă (TWVD) constă în a studia efectele acestei discretizări asociate, în timp şi frecvenţă.

Plecând de la definiţia TWV continui (în timp şi frecvenţă), propusă de Wigner şi adaptată ulterior de Ville [1]:

$$W_x(t,f) = \int x(t+\tau/2)x^*(t-\tau/2)\exp(-2j\pi f\tau)d\tau \quad (1)$$

se propune următoarea definiţie a TWVD [7]:

$$W(n,k) = \frac{1}{2N}\sum_{m=0}^{N-1} x_m x^*_{n-m}\exp\left[-j\frac{\pi k}{N}(2m-n)\right] \quad (2a)$$

sau într-un mod echivalent [7]:

$$W(n,k) = \frac{1}{2N}\sum_{m=0}^{N-1} X_m X^*_{n-m}\exp\left[j\frac{\pi n}{N}(2m-k)\right] \quad (2b)$$

dacă se lucrează cu eşantioanele transformatei Fourier.

În relaţiile (2a) şi (2b), indicii temporali şi frecvenţiali n şi k = 0,..., 2N–1,

– $x_0, x_1,..., x_{N-1}$ este semnalul temporal discret,

– $X_0, X_1,..., X_{N-1}$ transformata sa Fourier discretă (TFD),

– x^* şi X^* sunt semnalele complex-conjugate ale eşantioanelor de mai sus.

Comparând cu alte definiţii ale TWVD propuse anterior, această formulare se exprimă direct în termenii eşantioanelor semnalului (sau ai transformatei sale Fourier (TFD)), şi este legată într-un mod natural de TWV continuă, în care timpul şi frecvenţa joacă un rol simetric. Ea prezintă caracteristicile TWV continuă (chiar dacă conţine termenii de acoperire) putând fi considerată ca o TWVD generală. Relaţiile (1) şi (2) arată că această TWVD generală $W(n,k)$ este periodică de perioada 2N, atât în timp cât şi în frecvenţă, şi posedă următoarele caracteristici pe o perioadă [6]:

$$\begin{aligned} W(n+N,k) &= (-1)^k W(n,k) \\ W(n,k+N) &= (1)^n W(n,k) \\ W(n+N,k+N) &= (-1)^{n+k+N} W(n,k) \end{aligned} \quad (3)$$

Astfel, pentru un semnal discret cu N eşantioane, TWVD generală este o matrice de dimensiunea 2N x 2N, aşa cum se prezintă în figura 1, şi nu de dimensiunea N x N.

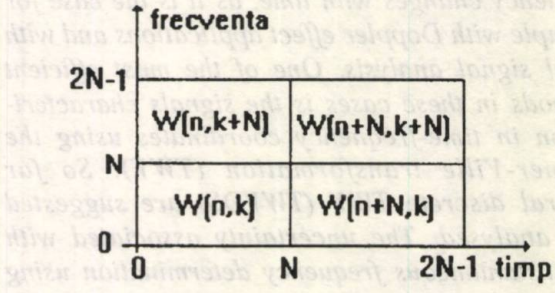


Fig. 1. Desfăşurarea transformatei Wigner-Ville discrete simplificate (TWVDS) în planul timp-frecvenţă.

Din semnalul real eşantionat în N puncte se calculează semnalul său analitic discret în N puncte, care este apoi completat cu N zerouri, obţinându-se un semnal de M = 2N puncte. TWVD generală de dimensiunea 2N x 2N face să apară patru componente distincte în planul timp-frecvenţă, şi poate fi interpretată în modul următor: primul sfert (stânga jos) corespunde legii de modulare ideală a semnalului, în timp ce celelalte trei cadrane sunt date de efectul de periodizare al acestei legi.

Rezultă astfel că toate informaţiile care privesc legea de modulare a semnalului se găsesc fără deteriorare în primul cadran.

Această proprietate specifică nu este satisfăcută de alte TWV discrete.

Considerând relaţiile (2a) şi (2b) se poate nota că TWV discretă implică eşantionarea şi periodizarea TWV a semnalului (sau a spectrului său) continuu, ignorarea putând conduce la erori mari în interpretarea rezultatelor obţinute. Ca urmare, $W(n,k)$ obţinută plecând de la semnalul discret sau de la TFD, nu corespunde identic unei versiuni simplu eşantionate a TWV continue.

Aceasta poate fi ilustrată prin următoarele relaţii între TWVD şi TWV continuă [8]:

$$W(n,k) = \frac{1}{4N\Delta t} \sum_{n'} \sum_{k'} (-1)^{nk'+kn'+Nn'k'} \times$$

$$\times W_f\left[\frac{(n-n'N)\Delta t}{2}, \frac{k-k'N}{2N\Delta t}\right] \quad (4)$$

unde Δt reprezintă pasul de eşantionare al semnalului temporal. Relaţia (4) arată că TWVD este în general o versiune repetată periodic, în timp cât şi în frecvenţă, a TWV continue. Deci, pentru obţinerea unei TWVD care să nu conţină componente ce acoperă informaţia (interferenţe), semnalul şi spectrul său trebuie să fie nule pentru cel puţin jumătate din punctele sale, ceea ce înseamnă că ambele ipoteze de mai jos trebuie să fie verificate[3]:

$$\exists n_0: \quad x_{n+n_0} = 0 \text{ pentru } n = N/2,..., N\text{-}1 \quad (5)$$

şi

$$\exists k_0: \quad X_{k+k_0} = 0 \text{ pentru } k = N/2,..., N\text{-}1 \quad (6)$$

Dacă TWVD generală poate fi considerată ca un model perfect în plan teoretic, la utilizarea în practică are totuşi anumite limite. Acestea sunt în general date de complexitatea interpretării sale vizuale. În plus, în cazul aplicaţiilor suntem interesaţi de fidelitatea cu care o astfel de reprezentare reproduce structura timp-frecvenţă a semnalului, adică de incertitudinea cu care se determină legile de evoluţie ale frecvenţelor. Toate aceste raţiuni conduc la necesitatea de a introduce o versiune simplificată a TWVD.

3 Noţiunea de TWVD simplificată (TWVDS)

Cum s-a indicat mai sus, TWVD generală a fost dedusă analizând efectul discretizării în timp şi frecvenţă a semnalului, asupra TWV. Discretizarea în timp a semnalului (respectiv în frecvenţă a spectrului), introduce o discretizare în domeniul temporal (respectiv frecvenţial), la fel ca o periodizare în domeniul frecvenţial (respectiv temporal) a TWV.

Astfel, dubla discretizare în timp şi frecvenţă a semnalului dă naştere unei TWV discretizată în acelaşi timp în ambele domenii, ceea ce permite o reprezentare a TWV continue cu un număr finit de eşantioane.

Relaţia (4) arată că TWV a fost eşantionată în timp şi frecvenţă cu un pas de eşantionare de două ori mai fin decât semnalul şi spectrul său.

Cu alte cuvinte, TWV a fost supraeşantionată (în raport cu noţiunea de eşantionare definită pentru semnal) în timp şi în frecvenţă, implicând faptul că TWV prezintă valori nu numai în punctele de eşantionare a semnalului (Δt) şi a spectrului său ($1/N\Delta t$) [4], ci şi la jumătatea punctelor de eşantionare ($\Delta t/2$ şi $1/2N\Delta t$).

În TWVD generale, valorile cu indici temporali pari corespund punctelor de eşantionare (multipli intregi ai lui Δt) ale semnalului temporal, în timp ce valorile impare corespund momentelor de la jumătatea punctelor de eşantionare. La fel se interpretează indicele frecvenţial k.

Se demonstrează în cele ce urmează că este posibil de lucrat numai cu un subansamblu din aceşti indici, pari sau impari, sau chiar cu unele combinaţii ale lor. Se obţine în acest caz ceea ce am numit TWVD simplificată (TWVDS).

Pentru a verifica validitatea TWVDS în ceea ce priveşte reprezentarea timp-frecvenţă a unui semnal discret, se vor examina într-un mod foarte clar cele trei aspecte fundamentale urmărite de TWVD [4]:

- capacitatea de a traduce structura timp-frecvenţă a semnalului;
- caracteristica energetică;
- proprietatea de reversibilitate.

De notat, de asemenea, că şi alte proprietăţi pot fi uşor obţinute plecând de la formulele lor, ca spre exemplu [9]:

- caracterul real;
- translaţia;
- modulaţia etc.

Deşi TWVDS posibile sunt numeroase, în scopul de a nu îngreuna prezentarea se vor examina în detaliu numai trei versiuni, cele mai reprezentative dintre ele.

Toate comparaţiile care urmează se vor baza pe următoarele proprietăţi energetice şi de reversibilitate [4]:

$$P1: \quad \sum_{k=0}^{2N-1} W(n,k) = \begin{cases} \left|x_{n/2}\right|^2 \\ 0 \end{cases}$$

(puterea instantanee)

$$P2: \quad \sum_{n=0}^{2N-1} W(n,k) = \begin{cases} \left|X_{k/2}\right|^2 \\ 0 \end{cases}$$

(densitatea spectrală de energie)

$$P3: \sum_{k=0}^{2N-1} W(n,k) \exp\left(j \frac{\pi nk}{N}\right) = x_n x_0^*$$

(reversibilitatea față de semnal)

$$P4: \sum_{n=0}^{2N-1} W(n,k) \exp\left(-j \frac{\pi nk}{N}\right) = X_k X_0^*$$

(reversibilitatea față de spectru)

De subliniat că proprietățile de mai sus rămân adevărate chiar dacă TWVD $W(n,k)$ conține termeni de acoperire.

4 Versiuni ale TWVDS periodice

În această secțiune se analizează câteva versiuni ale TWVDS periodice. Prin această denumire vom înțelege faptul că TWVDS discutate sunt periodice atât în timp cât și în frecvență. Se vor analiza trei TWVDS, precum și proprietățile corespunzătoare $P1$-$P4$ ale TWVD generale.

4.1 *TWVDS W(2p, 2q)*

Examinăm mai întâi ceea ce se obține dacă se consideră numai eșantioanele cu indicii pari (de timp și frecvență). Luând $n=2p$ și $k=2q$ în relațiile (2*a*) și (2*b*), se obține TWVDS $W(2p, 2q)$ definită prin [4], [5]:

$$W(2p,2q) = \frac{1}{2N} \sum_{m=0}^{N-1} x_{p+m} x_{p-m}^* \exp\left[-j \frac{4\pi qm}{N}\right] \quad (7a)$$

sau

$$W(2p,2q) = \frac{1}{2N} \sum_{m=0}^{N-1} x_{q+m} x_{q-m}^* \exp\left[-j \frac{4\pi pm}{N}\right] \quad (7b)$$

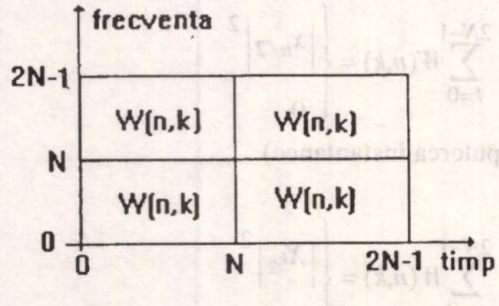


Fig. 2. Caracterul periodic al transformatei Wigner-Ville discrete simplificate (TWVDS), $W(2p,2q)$ în planul timp-frecvență.

Relațiile de mai sus arată că TWVDS $W(2p,2q)$, este o TWVD periodică, de perioada $N/2$ în timp și în frecvență, așa cum arată figura 2, în care W reprezintă ansamblul valorilor $W(2p,2q)$ pentru $p,q = 0,1,..., N/2-1$.

Dacă semnalul a fost eșantionat la frecvența lui Shannon, valorile lui $W(2p,2q)$ sunt determinate cu următoarea relație (pentru N par)[5]:

$$W(2p,2q) = \frac{1}{4N\Delta t}\left[W_x\left(p\Delta t, \frac{q}{N\Delta t}\right) + W_x\left(p\Delta t, \frac{2q+N}{2N\Delta t}\right) + W_x\left(\frac{(2p+N)\Delta t}{2}, \frac{q}{N\Delta t}\right) + W_x\left(\frac{(2p+N)\Delta t}{2}, \frac{2q+N}{2N\Delta t}\right)\right] \quad (8)$$

În cazul general în care semnalul este eșantionat în mod obișnuit la frecvența Shannon, TWVDS $W(2p,2q)$ conține termeni de acoperire. În cazul absenței termenilor de acoperire, $W(2p,2q)$ furnizează următoarele eșantioane ale TWV continue [5]:

$$\left\{\frac{1}{4N\Delta t} W_f\left(p\Delta t, \frac{q}{N\Delta t}\right) / p,q = 0,...,N/2-1\right\} \quad (9)$$

indicând astfel că TWVDS $W(2p,2q)$, permite descrierea structurii timp-frecvență a semnalului, cu o rezoluție timp-frecvență $\left(\Delta t, \frac{1}{N\Delta t}\right)$.

Din cauza proprietății de periodicitate la $N/2$ a TWVDS, în practică este suficient să se calculeze TWVDS $W(2p,2q)$ pentru $p,q = 0,..., N/2-1$.

Se va examina acum ce devin proprietățile $P1$ și $P2$ ale TWVD generale în cazul TWVDS $W(2p,2q)$.

Dacă se face suma lui $W(2p,2q)$ (relația 7*a*) după indicele q, se obține:

$$\sum_{q=0}^{N/2-1} W(2p,2q) =$$

$$= \frac{1}{2N} \sum_{q=0}^{N/2-1} \sum_{m=0}^{N/2-1} x_{p+m} x_{p-m}^* \exp\left[-j \frac{4\pi qm}{N}\right]$$

ceea ce se poate rescrie, împărțind suma internă în două părți [4]:

$$\sum_{q=0}^{N/2-1} W(2p,2q) =$$

$$= \frac{1}{2N} \sum_{q=0}^{N/2-1} \left[\sum_{m=0}^{N/2-1} x_{p+m} x^*_{p-m} \exp\left(-j\frac{4\pi qm}{N}\right) + \right.$$

$$\left. + \sum_{m=N/2}^{N-1} x_{p+m} x^*_{p-m} \exp\left(-j\frac{4\pi qm}{N}\right) \right] =$$

$$= \frac{1}{2N} \sum_{q=0}^{N/2-1} \left[\sum_{m=0}^{N/2-1} x_{p+m} x^*_{p-m} \exp\left(-j\frac{4\pi qm}{N}\right) + \right.$$

$$\left. + \sum_{m=0}^{N/2-1} x_{p+m+N/2} x^*_{p-m-N/2} \exp\left(-j\frac{4\pi qm}{N}\right) \right]$$

de unde proprietatea:

$$PA1: \sum_{q=0}^{N/2-1} W(2p,2q) = \frac{1}{4}\left(\left| x_p \right|^2 + \left| x_{p+N/2} \right|^2 \right)$$

pentru $p = 0,..., N/2-1$

În mod similar, însumarea lui $W(2p,2q)$ după indicele temporal p, va da:

$$PA2: \sum_{p=0}^{N/2-1} W(2p,2q) = \frac{1}{4}\left(\left| X_q \right|^2 + \left| X_{q+N/2} \right|^2 \right)$$

pentru $q = 0,..., N/2-1$

Aceste proprietăți arată că spre deosebire de cazul TWVD generale, însumarea TWVDS $W(2p,2q)$ după q (sau p) nu dă în general puterea instantanee (sau densitatea spectrală de energie) a semnalului, ci o versiune redusă a acesteia. De asemenea, se constată că numai jumătate din puterea instantanee (sau din densitatea spectrală de energie) poate fi regăsită plecând de la TWVDS $W(2p,2q)$.

Se va analiza acum reversibilitatea TWVDS $W(2p,2q)$. Pentru aceasta se multiplică la dreapta și la stânga ecuația (7*a*) cu termenul $\exp(j\,4\pi qm/N)$, și se însumează cele două împreună cu ecuația astfel ponderată, după indicele frecvențial, care dă proprietatea de reversibilitate *PA*3 a lui $W(2p,2q)$ corespunzând proprietății *P*3 a lui $W(n,k)$:

$$PA3: \sum_{q=0}^{N/2-1} W(2p,2q) \exp\left(j\frac{4\pi qm}{N}\right) =$$

$$= \frac{1}{4}\left(x_{p+m} x^*_{p-m} + x_{p+m+N/2}\, x^*_{p-m+N/2} \right)$$

Punând $m = p$ (respectiv $m = p-1$) se poate accede la eșantioanele cu indice par (impar) ale semnalului temporar. Dar aceste eșantioane obținute nu reprezintă în mod obligatoriu pe cele ale semnalului, deoarece așa cum arată proprietatea de mai sus, $W(2p,2q)$ nu conduce, în general, direct la semnalul discret original, ci la o versiune redusă a acestuia.

Când semnalul se anulează într-un interval egal cu jumătate din perioada de repetiție, termenul de acoperire $\frac{1}{4}\left(x_{p+m+N/2} x^*_{p-m+N/2} \right)$ devine nul.

Într-un mod similar, reversibilitatea transformatei $W(2p,2q)$, vis-à-vis de spectrul lui X_k, se poate exprima astfel:

$$PA4: \sum_{p=0}^{N/2-1} W(2p,2q) \exp\left(-j\frac{4\pi pm}{N}\right) =$$

$$= \frac{1}{4}\left(X_{q+m} X^*_{q-m} + X_{q+m+N/2} X^*_{q-m+N/2} \right)$$

Deci, toate eșantioanele spectrului semnalului pot fi obținute luând $m = q$ și respectiv $m = q-1$.

Ca și în cazul precedent, proprietatea *PA*4 arată că $W(2p,2q)$ nu permite, în general, să se găsească direct spectrul semnalului, conducând numai la o versiune redusă a acestuia, mai puțin cazul în care spectrul se anulează într-un interval egal cu jumătate din perioada de repetiție. În acest caz se anulează termenul de acoperire

$$\frac{1}{4}\left(X_{q+m+N/2} X^*_{q-m+N/2} \right)$$

De remarcat că în toate proprietățile analizate mai sus, dacă semnalul și spectrul său sunt neglijabile (inferioare unui ε) într-un interval egal cu jumătate din perioada de repetiție (dacă ipotezele (5) și (6) sunt satisfăcute), termenii de acoperire din relațiile *PA*3 și *PA*4 devin de asemenea neglijabili (inferiori lui ε^2), putându-se astfel găsi toate eșantioanele (zero și diferite de zero) ale semnalului, ale spectrului, ale puterii instantanee și densității spectrale de energie.

Se concluzionează astfel că TWVD $W(2p,2q)$, obținută lucrând cu indicii pari de timp și frecvență ai TWVD generală, este o versiune corespunză-

toare pentru reprezentarea unui semnal discret în planul timp-frecvență.

4.2 *TWVDS W(2p + 1,2q + 1)*

Luând un alt caz extrem, în care se consideră numai indicii impari de timp și frecvență ai TWVD generale, se obține TWVDS $W(2p+1,2q+1)$, definită prin [3]:

$$W(2p+1,2q+1) = \frac{1}{2N}\exp\left[-j\frac{\pi(2q+1)}{N}\right] \cdot \sum_{m=0}^{N-1} x_{p+m}x^*_{p+1-m}\exp\left[-j\frac{2\pi m}{N}\right]\exp\left[-j\frac{4\pi qm}{N}\right] \quad (11a)$$

sau:

$$W(2p+1,2q+1) = \frac{1}{2N}\exp\left[-j\frac{\pi(2p+1)}{N}\right] \cdot \sum_{m=0}^{N-1} X_{q+m}X^*_{q+1-m}\exp\left[-j\frac{2\pi m}{N}\right]\exp\left[-j\frac{4\pi pm}{N}\right] \quad (11b)$$

Se poate ușor constata, din relațiile de mai sus, că TWVDS $W(2p+1,2q+1)$ este o TWVD periodică în timp și în frecvență, de perioadă N.

În comparație cu TWVDS $W(2p,2q)$, $W(2p+1, 2q+1)$ prezintă o anumită complexitate în perioada, așa cum se arată în figura 3, în care W reprezintă ansamblul valorilor lui $W(2p+1,2q+1)$ pentru $p,q = 0,\ldots, N/2-1$. În cazul general, $W(2p+1,2q+1)$ este egală cu suma celor patru componente [4]:

$$W(2p+1,2q+1) = \frac{1}{4N\Delta t}\sum_{n'=0}^{1}\sum_{k'=0}^{1} W_f \cdot \left[(2p+1+n'N)\frac{\Delta T}{2},\ (2q+1+k'N)\frac{1}{2N\Delta t}\right] \quad (12)$$

În absența termenilor de acoperire, valorile $W(2p+1, 2q+1)$ sunt date de:

$$\left\{\frac{1}{4N\Delta t}W_x\left(\frac{2p+1}{2}\Delta t,\ \frac{2q+1}{2N\Delta t}\right) / p,q=0,\ldots,N/2-1\right\} \quad (13)$$

ceea ce semnifică faptul că TWVDS, $W(2p+1,2q+1)$, poate de asemenea fi utilizată pentru analiza caracteristicilor timp-frecvență ale semnalului, cu aceeași rezoluție timp-frecvență ca TWVDS, $W(2p,2q)$. De notat, de asemenea, că din cauza periodicității timp-frecvență a TWVDS $W(2p+1, 2q+1)$, este suficient calculul pentru $p,q = 0,\ldots, N-1$.

Ca și în cazul precedent, se poate demonstra că proprietățile *PB*1 și *PB*2 ale TWVDS $W(2p+1, 2q+1)$ corespund proprietăților *P*1 și *P*2 ale lui $W(n,k)$ și sunt date prin:

$$PB1:\ \sum_{q=0}^{N-1} W(2p+1, 2q+1) = 0$$

$$PB2:\ \sum_{p=0}^{N-1} W(2p+1, 2q+1) = 0$$

Aceste proprietăți sunt foarte clar reprezentate în figura 3, unde se poate ușor constata că dacă $W(2p+1,2q+1)$ este însumată pe axa frecvențelor (sau timpului), puterea instantanee (sau densitatea spectrală), astfel obținută la fiecare moment de timp (sau frecvență), se anulează.

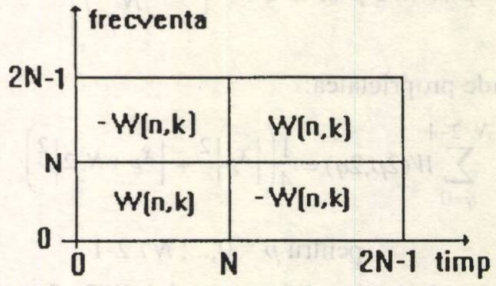


Fig.3. Caracterul periodic al transformatei Wigner-Ville discrete simplificate (TWVDS), $W(2p+1, 2q+1)$ în planul timp-frecvență

Proprietățile menționate arată că jumătate din punctele temporale și frecvențiale nu au nici o contribuție la energia semnalului. Acest fapt face ca interpretarea cu semnificație fizică să se poată face numai pentru jumătate din numărul de puncte.

Urmărind același demers ca pentru proprietățile *PA*3 și *PA*4, se pot obține următoarele relații ale reversibilității TWVDS $W(2p+1,2q+1)$:

$$PB3:\ \sum_{q=0}^{N-1} W(2p+1, 2q+1) \times \exp\left[j\frac{\pi}{N}(2q+1)(2m-1)\right] =$$

$$= \frac{1}{2}\left(x_{p+m}x^*_{p+1-m} + x_{p+m+N/2}x^*_{p+1-m+N/2}\right)$$

și:

$$PB4: \sum_{p=0}^{N-1} W(2p+1, 2q+1) \times$$

$$\times \exp\left[j \frac{\pi}{N} (2q+1)(2m-1) \right] =$$

$$\frac{1}{2}\left(X_{q+m} X^*_{q+1-m} + X_{q+m+N/2} X^*_{q+1-m+N/2} \right)$$

Astfel, pentru a se reconstitui toate punctele semnalului şi spectrului său, este suficient să se pună $m = p, p+1$ şi $m = q, q+1$. Proprietăţile *PB*3 şi *PB*4 arată că TWVDS $W(2p+1,2q+1)$, definită pentru jumătate din punctele de eşantionare, permite să se reconstituie semnalul şi spectrul său, cu condiţia ca x_k şi X_k să fie nule în jumătate din perioada lor de repetiţie.

5 Studii de caz

Până aici au fost analizate aspectele teoretice ale TWV discrete simplificate. În această secţiune se vor da câteva exemple de analiză a unor semnale simulate, pentru a ilustra şi compara caracteristicile esenţiale ale TWVDS.

TWVDS constituie un ansamblu de TWV discrete aplicabile în practică, alegerea versiunii fiind făcută funcţie de necesităţi. Spre exemplu, în cazul în care se doreşte reprezentarea TWV cu formatul cu vizualizare $N \times N/2$, se poate adopta TWVDS aperiodică $W(2p,2q)$, care are dimensiunea $N \times N/2$. Dacă se doreşte să se aibă o imagine de dimensiunea $N/2 \times N/2$, se poate utiliza TWVDS periodică $W(2p,2q)$.

În figura 4 se prezintă TWVDS periodică (versiunea $W(2p,k)$) a unui semnal cu două componente modulate liniar în frecvenţă, calculată cu procedura ilustrată în figura 2.

Semnalul analizat este:

$$u = x_1 + x_2 ;$$

$$\text{cu} \begin{cases} x_1 = \sin\left[2\pi 50 \, (t + 2t^2) \right] \\ x_2 = \sin\left[2\pi 100 \, (t + 4t^2) \right] \end{cases}$$

Frecvenţa instantanee, definită ca frecvenţă a semnalului la un moment dat, are pentru semnalul u următoarele două componente:

$$f_{i1} = \frac{1}{2\pi} \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\, t} \varphi_1(t) = 50\,(1 + 4t)$$

şi

$$f_{i2} = \frac{1}{2\pi} \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\, t} \varphi_2(t) = 100\,(1 + 8t)$$

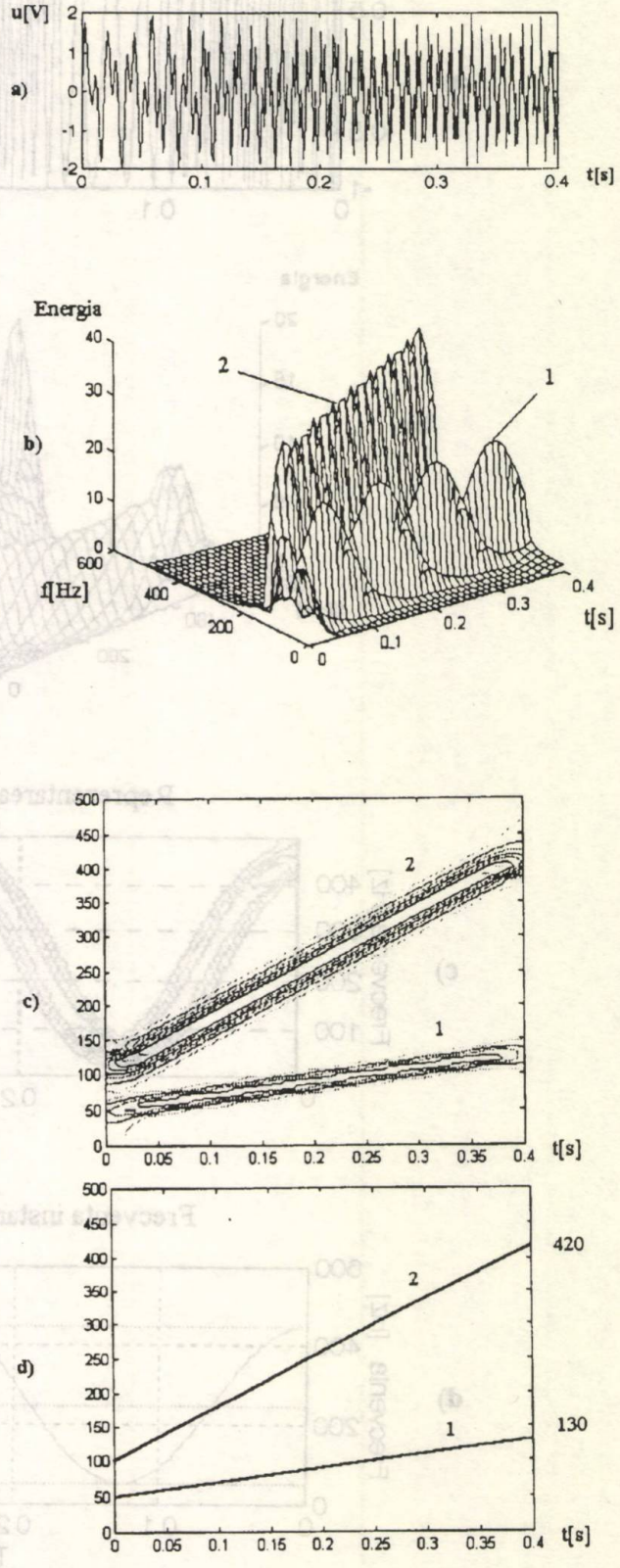


Fig. 4 Transformata Wigner-Ville a semnalului temporal: *a*) Semnalul temporal, *b*) Transformata Wigner-Ville, *c*) Termenii de interferenţă, *d*) Frecvenţa instantanee.

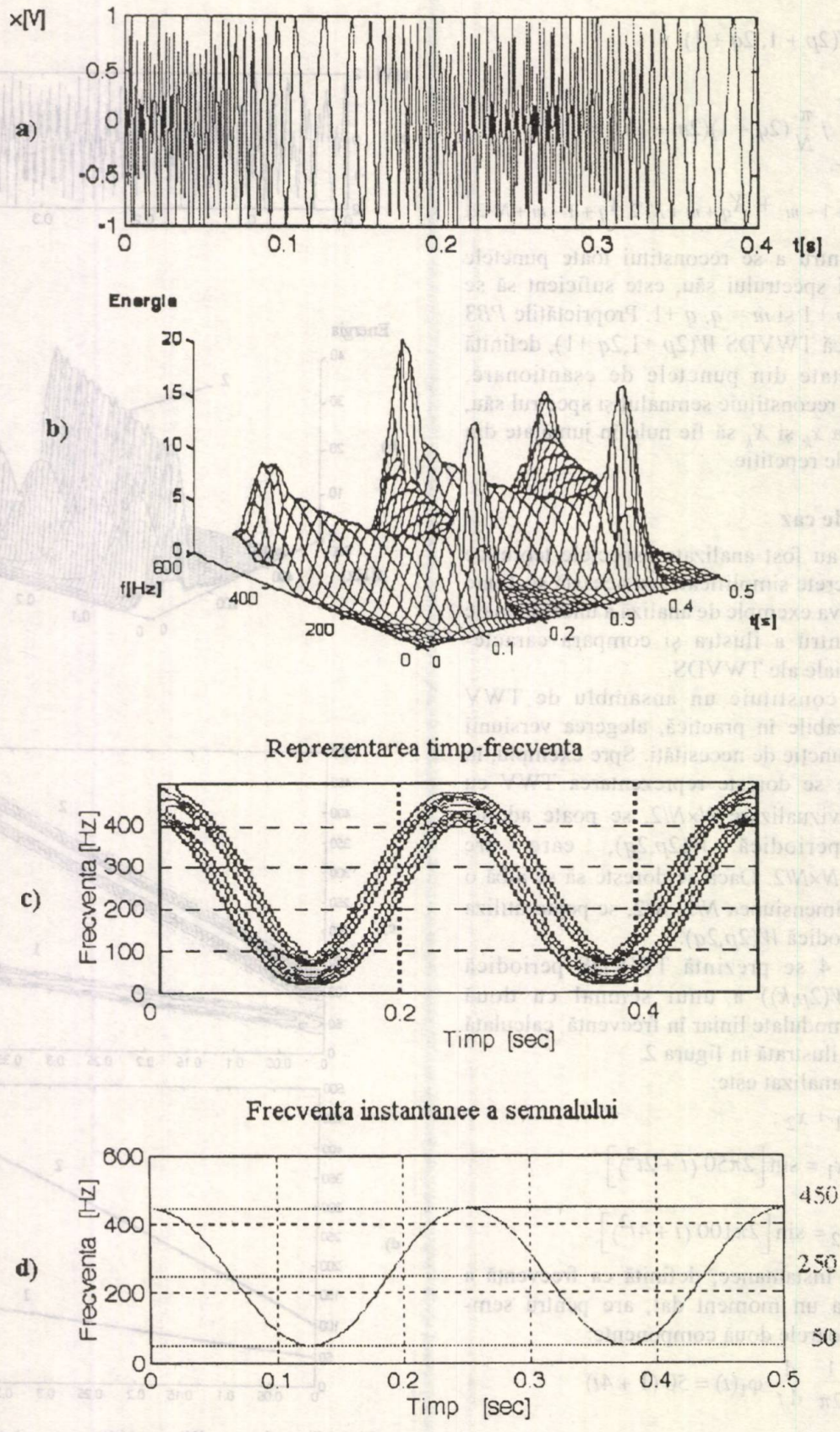


Fig. 5. Transformata Wigner-Ville a semnalului temporal:
a) Semnalul temporal, *b*) Transformata Wigner-Ville, *c*) Termnii de interferență, *d*) Frecvența instantanee

În figura 4*a*, semnalul real a fost eşantionat în 256 puncte la frecvenţa Shannon (1000 Hz). Semnalul analitic asociat la 256 puncte nu a fost completat cu zerouri, TWVDS $W(2p,k)$ conţinând termeni de acoperire temporală, care se traduc prin prezenţa unor segmente oscilante în jurul crestei principale informaţionale.

Acest semnal poate fi întâlnit în practică în cazul detectării a două surse cu legi de variaţie liniară a frecvenţei funcţie de timp (exemplu: două corpuri cu viteze diferite, urmărite de o staţie radar).

În figura 5 se prezintă TWVDS (versiunea $W(2p,k)$) a unui alt semnal real, eşantionat în 512 puncte cu frecvenţa Shannon (1000 Hz), în care se observă şi termenii de interacţiune între frecvenţele pozitive şi negative, ce se traduc prin prezenţa de „unde" în jurul frecvenţei zero.

Semnalul simulat în acest caz este:

$$x = \sin\left[2\pi 250\left(t + \frac{1}{10\pi}\sin(2\pi 4t)\right)\right]$$

frecvenţa instantanee a semnalului fiind:

$$f_i = \frac{1}{2\pi}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\,t}\varphi(t) = 250 + 200\cos(2\pi 4t)$$

În figurile 4*a* şi 5*a* au fost reprezentate semnalele temporale simulate, iar în figurile 4*b* şi 5*b* s-au reprezentat distribuţiile de energie în planul timp-frecvenţă, determinate prin metoda transformatei Wigner-Ville.

În ambele cazuri, legea de modulare a semnalului nu poate fi determinată de o manieră precisă decât dacă se adoptă o operaţie de netezire în planul timp-frecvenţă, care este echivalentă cu o filtrare 2D. Pentru aceasta, semnalelor din figurile 4*c* şi 5*c*, care prezintă termenii de interferenţă, bine cunoscuţi în transformările Wigner-Ville, le-a fost aplicată o filtrare 2D, obţinându-se în final legile de evoluţie a frecvenţelor instantanee prezentate în figurile 4*d* şi 5*d*.

Incertitudinea de estimare a frecvenţelor instantanee, pentru semnalele prezentate, în absenţa zgomotului, este de maxim 0,5%, raportată la legea de evoluţie determinată analitic, ca expresie a derivatei argumentului semnalului simulat.

De remarcat, totuşi, că toate versiunile TWVDS au acelaşi aspect şi toate traduc corect legea de modulaţie a semnalului, dând rezultate echivalente.

6 Concluzii

În această lucrare s-a propus o clasă de TWV discrete simplificate, în care proprietăţile fundamentale au fost definte şi analizate. În acest cadru s-au arătat diversele posibilităţi pentru obţinerea unei TWVDS, abordându-se şi problema incertitudinii în estimarea frecvenţei instantanee prin metoda transformatei Wigner-Ville.

Acest material furnizează o interpretare clară a efectului de discretizare temporală şi frecvenţială a semnalului din TWV continuă şi permite o mai bună înţelegere a comportamentului TWV discrete în planul timp-frecvenţă.

Comportamentul comparativ al acestor versiuni simplificate ale TWV discrete periodice, precum şi comparaţia acestora cu versiunile aperiodice, va fi subiectul unui articol viitor.

BIBLIOGRAFIE

[1] *T.A.C.M. Claasen şi W.F.G. Mecklenbrauker*, The Wigner distribution – A tool for time-frequency signal analysis, Part. III: Relations with other time frequency *p* signal transformations, Philips J. Rev., 35, (6), p.372–389, 1980;

[2] *P. Duvaut* Traitement du signal, Ed. Hermes, Paris, 1991;

[3] *B. Escudie* Representation en temps et fréquence de signaux d'énergie finie: analyse et observation de signaux, Ann. Télécom., 34, (3–4), p. 101–111, 1979;

[4] *B. Escudie, P. Flandrin* An interpretation of the pseudo-Wigner-Ville distribution, Signal Proc., 6, (1), p. 27–36, 1984;

[5] *B. Escudie, M. Ghinea, G. Courbebaisse* Rapport sur les études de la vitesse de rotation d'un moteur á vapeur bicylindre a double expansion et reservoir intermediaire. Rapport de recherche LTS 9302, ICPI Lyon, Franţa, 1993;

[6] *P. Flandrin* Representations des signaux dans le plan temps-fréquence. These D.I., INPG Grenoble, 1982;

[7] *P. Flandrin* Temps-frequence, Ed. Hermes, Paris, 1993;

[8] *M. Ghinea* Analyse Wigner-Ville de la vitesse de rotaion d'un moteur pour bateau. Rapport de stage à Laboratoire Traitement du Signal, ICPI Lyon, Franţa, 1993;

[9] M. Ghinea Analiza timp-frecvenţă a semnalelor nestaţionare prin reprezentări lineare şi pătratice. Starea actuală şi perspective. Referat doctorat prezentat la Facultatea Electrotehnică, Universitatea „POLITEHNICA" Bucureşti, decembrie 1993.

[10] *M.Ghinea* Analiza spectrală timp-frecvenţă a semnalelor nestaţionare prin metoda Wigner-Ville. Interpretări şi aplicaţii în domeniul măsurărilor. Referat doctorat prezentat la Facultatea Electronică, Universitatea „POLITEHNICA" Bucureşti, februarie 1994.

Determinarea unei formule generale de calcul a spectrului sinusoidei sintetizate numeric

TRAIAN JURCĂ *)

Abstract: *The paper presents the deriving of a general computation formula for the spectrum of a digitally synthesized sine wave. Two cases are considered, i.e., voltage samples at equal time intervals and known voltage samples generated at unequal time intervals, and a comparison between these two cases is made. The results of a simulated computer generator using a 6 bit DAC are also presented.*

Résumé: *L'article présente la détermination d'une formule générale de calcul pour le spectre de la sinusoide synthétisée numériquement. On considère et on compare deux situations: échantillons de tension à intervales de temps égales et échantillons de tension connus engendrés à des intervales de temps inégales. On présente aussi les résultats d'un générateur à ordinateur en utilisant un CNA de 6 bits.*

1 Introducere

Metoda larg răspândită de sintetizare a undei sinusoidale presupune generarea unor eşantioane exacte de sinus, corespunzătoare momentelor de timp egal distanţate pe o perioadă (discretizare în timp). Pentru ca eşantionul generat să reprezinte cât mai fidel valoarea momentană a undei sinusoidale se folosesc convertoare de rezoluţie şi liniaritate foarte bună (CNA de 16 sau 18 biţi). În literatură [1], [2], [3] se afirmă că, în cazul generării ideale, din spectrul semnalului sintetizat lipsesc primele n armonici, unde n este numărul de eşantioane, egal distanţate, ce compun o perioadă. La frecvenţe mari – zeci de kiloherţi – intervine restrictiv timpul de răspuns al convertorului. Ca urmare, la frecvenţe mari numărul n de eşantioane scade. Conform teoremei eşantionării, numărul n poate avea valoarea minimă 2, dar în practică nu se scade sub 4. Faptul că lipsesc din spectru primele n armonici, iar numărul de eşantioane scade pe măsură ce creşte frecvenţa de ieşire, permite folosirea aceluiaşi filtru trece jos de eliminare a componentelor spectrale de ordin superior. Există o frecvenţă joasă, numită frecvenţă caracteristică, la generarea căreia se folosesc toate cele n eşantioane înscrise în memorie. Pentru generarea unor frecvenţe mai joase trebuie scăzută frecvenţa tactului de citire din memorie, şi totodată trebuie scăzută frecvenţa de tăiere a filtrului trece jos de la ieşire.

Pentru mărirea rezoluţiei de prescriere a frecvenţei de ieşire se foloseşte procedeul adresării fracţionale [4], [5].

În general, se doreşte la ieşire o frecvenţă:

$$f_0 = d \cdot d_{0min} \tag{1}$$

unde d are parte întreagă I şi parte fracţională F:

$$d = I + F = I + \frac{L}{M} \tag{2}$$

iar L şi M sunt numere întregi ce nu au divizor comun.

În cazul acesta spectrul semnalului generat conţine toate armonicele, iar amplitudinea armonicii de ordin k poate fi calculată cu formula:

$$A(k,L,M,N) = \sum_{m=0}^{M-1} \left[\frac{1}{M} \cdot e^{-j2\pi < mL > M \times 1 / MN} \right] \times \times e^{-j2\pi mk/M} \tag{3}$$

unde cu $< mL > M$ s-a notat mL modul M.

Prin ridicare la pătrat relaţia (3) se pune, pentru $k = 0$, sub forma:

$$|A(0,L,M,N)|^2 = \left[\frac{\sin^2 (\pi / MN)}{(\pi / N)^2} \right] \times \times \left[\frac{(\pi / MN)^2}{\sin^2 (\pi / MN)} \right] \tag{4}$$

Apar următoarele proprietăţi intersante:

1) Pentru $M = 1$, $|A(0,L,0,N)| = 1$. În cazul eşantionării uniforme nu există componente armonice.

*) Universitatea Tehnică Timişoara, B-dul Vasile Pârvan nr.2.

2) Pentru N fix, $|A(0,L,M)|^2$ este o funcție descrescătoare cu M. De asemenea, și raportul semnal/zgomot scade cu M.

3) Pentru M fix, $|A(0,L,N)|$ este o funcție crescătoare cu N.

Din proprietatea nr. 2 enunțată mai sus, pentru un N fixat putem găsi limita maximă și minimă între care poate lua valori raportul semnal/zgomot atunci când se modifică M de la valoarea $M = 2$ la $M = \infty$.

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{\max} = 10 \log \left[\frac{\cos^2(\pi/2N)}{1 - \cos^2(\pi/2N)}\right] =$$

$$= 20 \log [ctg(\pi/2N)] \qquad (5)$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{\min} = 10 \log \left[\frac{\sin^2(\pi/N)/(\pi/N)^2}{1 - \sin^2(\pi/N)/(\pi/N)^2}\right] \qquad (6)$$

Raportul semnal/zgomot al unei astfel de unde este cu atât mai mare, cu cât numărul N de eșantioane înscris în memorie este mai mare.

O altă metodă descrisă în [6] folosește un CNA de rezoluție finită, dar distanțele temporale dintre eșantioane sunt diferite și pot fi stabilite cu o rezoluție presupusă infinită (discretizare în amplitudine).

Se pune problema de a stabili o relație unificatoare pentru cele două metode de sintetizare.

2 Stabilirea formulei generale de calcul al spectrului undei sinusoidale sintetizate numeric

În cele ce urmează se calculează spectrul semnalului sinusoidal generat, în cazul mai general, în care există o divizare neuniformă, atât a axei timpului cât și în amplitudine. Se consideră sinusoida $f(x)$ generată conform fig. 1 și se observă că este construită dintr-o succesiune de impulsuri dreptunghiulare având amplitudini și durate diferite. În cazul semnalului sinusoidal se ține seama de proprietățile de simetrie în cazul unei semialternanțe, cât și de proprietatea de imparitate. Semnalul, reprezentat în fig. 1, poate fi considerat ca o sumă de N semnale, N fiind numărul de intervale δx_i în care s-a divizat intervalul $0,\pi/2$. Aceste intervale pot fi egale între ele sau nu.

Numărul N este egal și cu numărul de niveluri în care s-a divizat amplitudinea semnalului $f(x)$. Putem scrie:

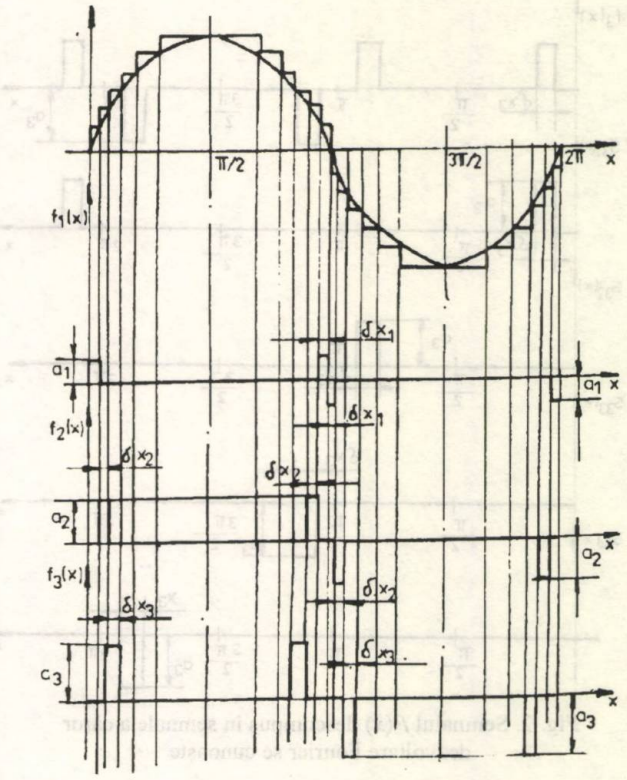


Fig. 1. Semnal sinusoidal sintetizat numeric și modul de descompunere a acestuia în semnale periodice $f_i(x)$.

$$f(x) = \sum_{i=1}^{N} f_i(x) \qquad (7)$$

Din figura 1 se observă că semnalele $f_i(x)$; $i = 1 \ldots N$, au următoarele proprietăți:

– sunt periodice, având aceeași perioadă ca și $f(x)$;

– sunt impare;

– prezintă simetrie a valorilor față de punctele $\pi/2$ și $3\pi/2$ în cadrul fiecărei semialternanțe.

Fiecare semnal $f_i(x)$, $i = 1, N$ se poate considera (fig. 2) ca fiind format din patru componente:

$$f_i(x) = \sum_{j=1}^{4} s_{ij}(x) \qquad (8)$$

unde s_{ij} sunt funcții periodice cu aceeași perioadă ca și $f(x)$.

Conform [7] semnalul unitar $s(x)$ de lățime δx are următoarea dezvoltare în serie Fourier :

$$s(x) = \frac{\delta x}{2\pi} + \frac{2}{\pi} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \left(\frac{1}{k} \cdot \sin\frac{k \cdot \delta x}{2} \cdot \cos kx\right) \qquad (9)$$

Pentru a calcula în general funcțiile f_i (în fig. 2 s-a considerat $i = 3$) putem scrie:

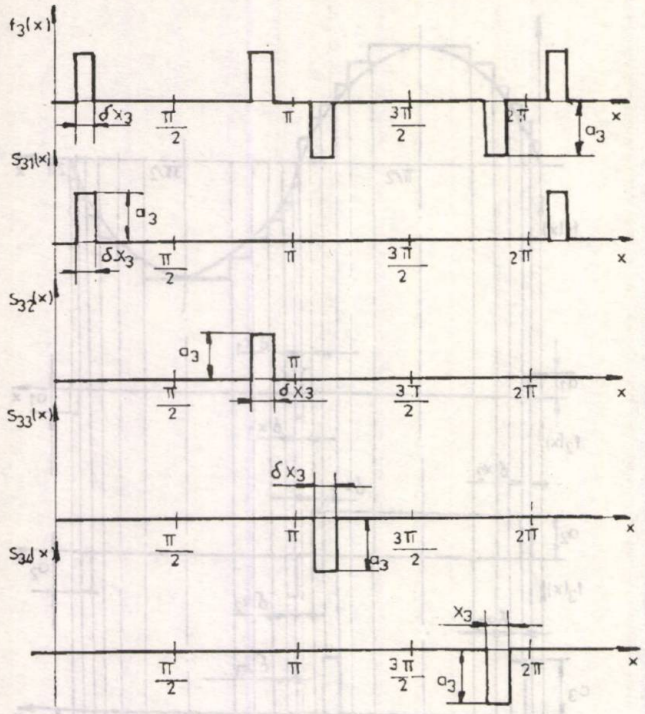


Fig. 2. Semnalul $f_3(x)$ descompus în semnale a căror dezvoltare Fourier se cunoaște

$$\frac{1}{a_i}\, s_{i1}(x) = \frac{\delta x_i}{2\pi} + \frac{2}{\pi} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{1}{k} \cdot \sin \frac{k \cdot \delta x_i}{2} \cdot \cos k \left(x - \frac{\delta x_i}{2} - \delta x_{i-1} - .. - \delta x_1 \right) \right] \tag{10}$$

$$\frac{1}{a_i}\, s_{i2}(x) = \frac{\delta x_i}{2\pi} + \frac{2}{\pi} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{1}{k} \cdot \sin \frac{k \cdot \delta x_i}{2} \cdot \cos k \left(x - \frac{\delta x_i}{2} - \delta x_{i-1} - .. - \delta x_1 - \pi \right) \right] \tag{11}$$

$$\frac{1}{a_i}\, s_{i3}(x) = \frac{\delta x_i}{2\pi} + \frac{2}{\pi} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{1}{k} \cdot \sin \frac{k \cdot \delta x_i}{2} \cdot \cos k \left(x - \frac{\delta x_i}{2} - \delta x_{i-1} - .. - \delta x_1 \right) \right] \tag{12}$$

$$\frac{1}{a_i}\, s_{i4}(x) = \frac{\delta x_i}{2\pi} + \frac{2}{\pi} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{1}{k} \cdot \sin \frac{k \cdot \delta x_i}{2} \cdot \cos k \left(x - \frac{\delta x_i}{2} - \delta x_{i-1} - .. - \delta x_1 \right) \right] \tag{13}$$

Folosind proprietatea de liniaritate a seriei Fourier putem calcula conform relațiilor (8) și (10) ... (13):

$$f_i(x) = a_i \cdot \frac{8}{\pi} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2k-1} \cdot \sin \frac{(2k-1)\delta x_i}{2} \cdot \sin \left[(2k-1) \left(\delta x_1 + \delta x sub 2 + ... + \delta x_{i-1} + \frac{\delta x_i}{2} \right) \right] \cdot \sin (2k-1)\, x \tag{14}$$

Ținând seama de relația (7) se poate scrie expresia dezvoltării în serie Fourier a semnalului $f(x)$:

$$f(x) = \frac{8}{\pi} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \left[\sum_{i=1}^{N} \frac{a_i}{2k-1} \cdot \sin \frac{(2k-1)\, \delta x_i}{2} \cdot \sin \left[(2k-1) \left(\delta x_1 + \delta x_2 + ... + \delta x_{i-1} + \frac{\delta x_i}{2} \right) \right] \right] \cdot \sin (2k-1)\, x \tag{15}$$

Din relația (15) rezultă că spectrul semnalului conține numai armonici de ordin impar. Putem scrie amplitudinea armonicei de ordin $2k-1$:

$$A_{2k-1} = \frac{8}{\pi} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{a_i}{2k-1} \cdot \sin \frac{(2k-1)\delta x_i}{2} \cdot \sin \left[(2k-1) \left(\delta x_1 + \delta x_2 + ... + \delta x_{i-1} + \frac{\delta x_i}{2} \right) \right] \tag{16}$$

3 Comparație între metoda discretizării în timp și metoda discretizării în amplitudine

Relația (16) poate fi particularizată pentru cele două cazuri limită amintite în introducere:

Cazul *a*) (fig. 3*a*):

– Cele N valori unghiulare δx_i sunt egale și suma lor dă intervalul $0...\pi/2$;

– Cele N eșantioane a_i redau perfect valorile undei sinusoidale pentru unghiuri corespunzătoare mijlocului intervalului δx_i.

Ca urmare avem:

$$\delta x_i = \frac{\pi}{2N}, \quad i = 1 \ldots N \tag{17}$$

$$a_i = \sin \left(\frac{i\pi}{2N} - \frac{\pi}{4N} \right) = \sin \frac{(2i-1)\pi}{4N} \tag{18}$$

Înlocuind în relația (16) obținem:

$$A_{2k-1} = \frac{8}{(2k-1)\pi} \cdot \sin \frac{(2k-1)\pi}{4N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \sin \frac{(2i-1)\pi}{4N} \cdot \sin \frac{(2i-1)\,(2k-1)\pi}{4N} \tag{19}$$

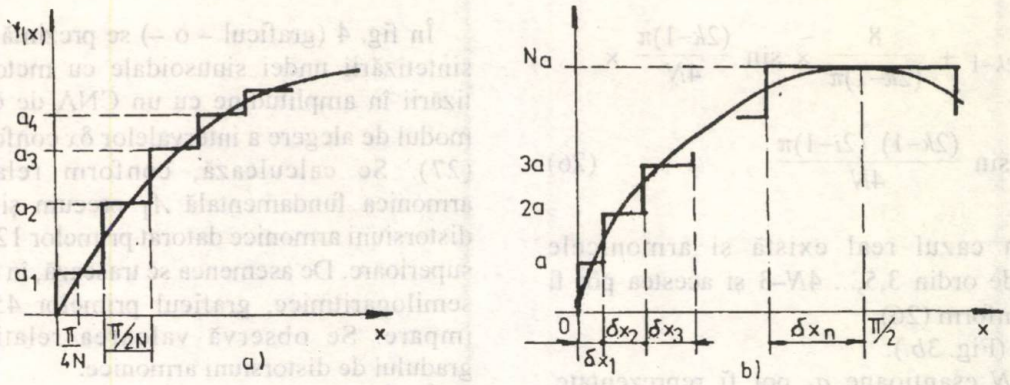


Fig. 3. Cazuri de sintetizare numerică a sinusoidei: a) prin metoda discretizării în timp; b) prin metoda discretizării în amplitudine.

Să calculăm valoarea armonicelor în cazul în care k ia valori de la unu la infinit.

Armonica fundamentală se obține pentru $k = 1$:

$$A_1 = \frac{8}{\pi} \cdot \sum_{i=1}^{N} \sin \frac{(2i-1)\,\pi}{4N} \cdot \sin \frac{(2i-1)\,\pi}{4N} \cdot \sin \frac{\pi}{4N} =$$

$$= \frac{4}{\pi} \sin \frac{\pi}{4n} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(1 - \cos \frac{(2i-1)\,\pi}{2N}\right) = \frac{\sin \frac{\pi}{4N}}{\frac{\pi}{4N}} \quad (20)$$

Rezultatul final din relația de mai sus s-a obținut observând că se anulează reciproc cosinusurile unghiurilor simetrice față de $\pi/2$, unghiuri ce iau valori în intervalul $(0,\pi)$.

Pentru N suficient de mare rezultă $A_1 = 1$ ceea ce corespunde cu rezultatul dedus din relația (4) pentru $M = 1$.

Este de observat că valoarea normată a armonicii fundamentale depinde de numărul de eșantioane din care este sintetizată perioada undei sinusoidale. De exemplu, pentru 64 eșantioane ideale pe perioadă, amplitudinea fundamentalei, calculată cu relația (20), este mai mică decât unitatea cu 400 ppm, iar pentru 128 eșantioane ideale pe perioadă, este mai mică cu 100 ppm. Și acestea cu toate că se utilizează un CNA ideal iar intervalele unghiulare sunt perfect egale.

În cazul

$$1 < k < 2N \quad (21)$$

relația (19) poate fi pusă sub forma:

$$A_{2k-1} = \frac{4}{(2k-1)\pi} \cdot \sin \frac{(2k-1)\pi}{4N} \cdot \left[\sum_{i=1}^{N} \cos \left(\frac{2k-1}{N} \cdot \frac{(i-1)\pi}{2}\right) - \sum_{i=1}^{N} \cos \left(\frac{2k-1}{N} \cdot \frac{i\pi}{2}\right)\right] \quad (22)$$

Cele două sume din paranteza mare sunt fiecare în parte egale cu zero, lucru ușor de demonstrat, generalizându-se observația făcută la relația (20) în legătură cu anularea cosinusurilor unghiurilor simetrice față de $\pi/2$.

Relația (22) arată că în cazul considerat a) nu avm armonice în spectru până la armonica de ordinul $4N-1$. Ținând seama că $4N$ este tocmai numărul de eșantionare dintr-o perioadă a semnalului sintetizat, relația (22) este în concordanță cu relația (4), cazul $M = 1$.

În fine pentru $k \geq 2N$ expresia (22) nu se anulează doar dacă k poate fi pus sub una dintre formele:

$$k = 2p \times N \quad (23)$$

$$k = 2p \times N + 1 \qquad \text{unde } p = 1,\ 2\ldots\ \infty$$

Considerând una dintre formele (23) în relația (22) amplitudinile armonicelor pentru $k \geq 2N$ sunt:

$$A_{(2k-1)} = \frac{1}{2k-1} \times \frac{\sin \frac{\pi}{4N}}{\frac{\pi}{4N}} \quad (24)$$

În consecință, în spectrul semnalului sintetizat există doar componentele spectrale A_1, $A_{(4N-1)}$, $A_{(4N+1)}$,... $A_{(4pN-1)}$, $A_{(4pN+1)}$ unde $p = 1,2,3,\ldots\infty$

În cazul real, relația (18) nu este îndeplinită deoarece eșantioanele a_i sunt generate cu ajutorul unor convertoare numeric analogice cu rezoluție finită. Ca urmare, în (16) valorile a_i se înlocuiesc cu:

$$a'_i = a_i + \delta i, \text{ unde } -1/2q \leq \delta i \leq 1/2q \quad (25)$$

și se obține:

$$A'_{2k-1} = A_{2k-1} + \frac{8}{(2k-1)\pi} \times \sin \frac{(2k-1)\pi}{4N} \times$$

$$\times \sum_{i=1}^{N} \delta_i \times \sin \frac{(2k-1)\ (2i-1)\pi}{4N} \qquad (26)$$

Deci, în cazul real există şi armonicele superioare de ordin 3,5,... $4N-3$ şi acestea pot fi calculate conform (26).

Cazul *b*) (Fig. 3*b*.):

– Cele N eşantioane a_i pot fi reprezentate, fiecare, printr-un număr întreg de cuante q ale convertorului numeric analogic considerat şi totodată două valori consecutive diferă între ele printr-o cuantă.

– Cele N valori unghiulare x_i sunt inegale, acoperă intervalul $(0, \pi/2)$, iar la mijlocul fiecărui interval x_i, valoarea normată a_i corespunzătoare egalează valoarea funcţiei sinus:

$$a_i = \sin\left(\delta x_1 + \delta x_2 + ... + \delta x_{i-1} + \frac{\delta x_i}{2}\right) =$$

$$= iq = \frac{i}{N} \qquad (27)$$

Înlocuind (27) în (16) expresia amplitudinii armonicelor, după câteva calcule simple, devine:

$$a_{2k-1} = \frac{4}{(2k-1)\pi} \times q \times \qquad (28)$$

$$\times \left[1 + \sum_{i=2}^{N} \cos\left[(2k-1)\ (\delta x_1 + \delta x_2 + ... + \delta x_{i-1})\right]\right]$$

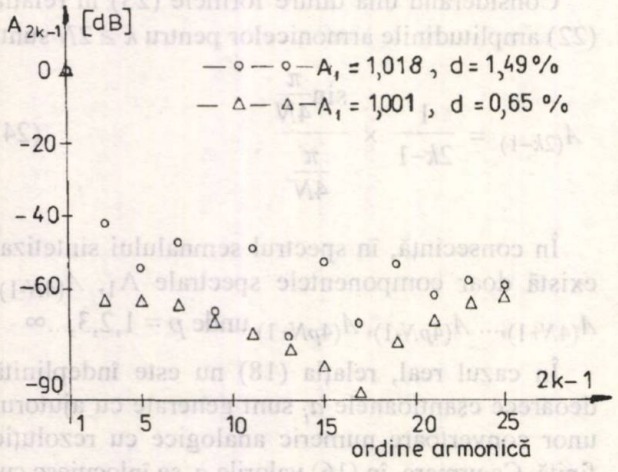


Fig. 4. Rezultate experimentale. Gradul de distorsiuni armonice şi amplitudinile primelor 45 armonici pentru cazurile de sintetizare: *a*) conform relaţiei (27) – graficul; *b*) conform relaţiei (29) – graficul.

În fig. 4 (graficul – o –) se prezintă rezultatele sintetizării undei sinusoidale cu metoda discretizării în amplitudine cu un CNA de 6 biţi şi cu modul de alegere a intervalelor δx conform relaţiei (27). Se calculează, conform relaţiei (28), armonica fundamentală A_1 precum şi gradul de distorsiuni armonice datorat primelor 127 armonici superioare. De asemenea se trasează, în coordonate semilogaritmice, graficul primelor 45 armonici impare. Se observă valoarea relativ mare a gradului de distorsiuni armonice.

În [8] se calculează distorsiunile introduse prin utilizarea de CNA cu rezoluţii diferite şi pentru mai multe moduri de alegere a δx_i. Distorsiuni mai mici s-au obţinut pentru cazul descris în figura 5.

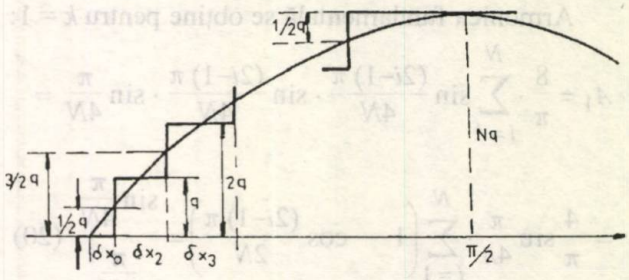


Fig. 5. Variantă de alegere a intervalelor x_i ce asigură un grad de distorsiuni minime.

În acest caz avem:

$$a_i = \sin\ (\delta x_0 + \delta x_1 + ... + \delta x_i) =$$

$$= \frac{2q-1}{2} \times q = \frac{2i-1}{2N} \qquad (29)$$

iar amplitudinile armonicelor, conform relaţiei (16), devin:

$$A_{2k-1} = \frac{4}{(2k-1)\pi} \times$$

$$\times \sum_{i=1}^{N} \cos\left[(2k-1) \times arcsin\ (a_i)\right] \qquad (30)$$

În fig. 4 (graficul – Δ –) se prezintă rezultatele sintetizării conform modului de alegere a intervalelor arătat în fig. 5 pentru un CNA de 6 biţi.

4 Concluzii

Lucrarea prezintă deducerea unei formule generale de calcul a spectrului undei sinusoidale sintetizate numeric din semnale dreptunghiulare de lăţime şi amplitudine cunoscute. Se aplică formula generală şi se calculează spectrul undei sintetizate în două cazuri: prin metoda discretizării în timp

(eşantioane de tensiune la intervale egale de timp) şi prin metoda descretizării în amplitudine (eşantioane de tensiune generate la intervale de timp neegale între ele). Se simulează pe calculator sintetizarea prin cele două metode utilizându-se un CNA de 6 biţi şi se compară rezultatele din punct de vedere al distorsiunilor armonice şi al amplitudinii fundamentalei.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Oldham N. M.* A 50-ppm AC Reference Standard Wich Spans 1 Hz to 50 KHz IEEE Trans. on Instrum. and Meas. Vol IM 32 No 1 March 1983 pp. 176 ... 179.

[2] *Katzmann F. L.* A New AC Voltage Standard IEE Trans. on Instr. and Meas.Vol 38 1 Feb 1989 pp. 2 ... 5.

[3] *Turgel R.* A Precision Phase Angle Calibration Standard for Frequencies up to 50 KHz. IEEE Trans. on Instrum. and Meas. Vol IM 34 No 4 Dec. 1985 pp. 509 ... 516.

[4] *Jenq Y. C.* Digital Spectra of Non-Uniformly Sampled Signals Fundamentals and High-Speed waveform Digitizers IEEE Trans. on Instrum. and Meas. Vol IM 37 No 2 June 1988 pp. 245 ... 251.

[5] *Jenq Y .C.* Digital Spectra of Non-Uniformly Sampled Signals-Digital Look-Up Tunable Sinusoidal Oscillators IEEE Trans. on Instrum. and Meas. Vol IM 37 No 3 Sept 1988 pp. 358 ... 362.

[6] *Jurca T.* Generator numeric de tensiune alternativă – Brevet Invenţie România nr. 93768 din 19.08.1987.

[7] *Cartianu G.* Analiza şi sinteza circuitelor electronice Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti 1972.

[8] *Jurca T., Stoian A.* Calculul distorsiunilor introduse la generarea unei unde sinusoidale cu convertoare numeric analogice cu rezoluţie finită – Calitate. Fiabilitate. Metrologie No 7 şi 8 1989 pp. 265 ... 268.

În legătură cu relaţiile dintre cele două organizaţii interguvernamentale de metrologie – *Convenţia Metrului* şi *OIML*

Dupa cum s-a comentat deja în revista noastră, la a 20-a Conferinţă Generală de Măsuri şi Greutăţi de la Paris, octombrie 1995, s-a discutat posibilitatea reunirii într-o singură organizaţie internaţională a celor două mari organizaţii interguvernamentale din domeniul metrologiei, *Convenţia Metrului* şi *Organizaţia Internaţională de Metrologie Legală* (OIML).

Convenţia Metrului este cea mai veche convenţie mondială interguvernamentală în vigoare. Ea datează din 1875, semnată la Paris de 17 state; în prezent ea are 46 state membre. Acţionează prin trei organisme, având atribuţii şi moduri de lucru distincte: Conferinţa Generală de Măsuri şi Greutăţi (CGPM), Comitetul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi (CIPM) şi Biroul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi BIPM).

CGPM este constituită din delegaţii tuturor statelor membre ale Convenţiei Metrului şi se întruneşte o dată la 4 ani. Ea constituie forul mondial suprem în metrologia ştiinţifică, luând decizii de importanţă mondială.

CIPM este compus din 18 membri, din diferite ţări, specialişti de prestigiu, care se întrunesc anual.

BIPM, cu sediul la Sevres, lângă Paris, este un laborator cu funcţionare permanentă, care deţine etaloane internaţionale şi efectuează etalonări şi comparaţii de etaloane pentru toate statele membre. BIPM funcţionează sub supravegherea CIPM, el însuşi aflat sub autoritatea CGPM.

OIML a fost creată în 1956 şi are în prezent 49 state membre. Organul său suprem este Conferinţa Internaţională de Metrologie Legală (CIML), convocată o dată la 6 ani, cu participarea reprezentanţilor oficiali ai ţărilor membre. Organul executiv al OIML este Biroul Internaţional de Metrologie Legală (BIML), cu sediul la Paris, având angajaţi permanenţi.

Considerând că cele două organizaţii internaţionale de metrologie au obiective convergente şi că ambele au sediul la Paris, guvernul Franţei a propus să se analizeze posibilitatea reunirii lor. Motivaţia acestei măsuri a fost că, în acest fel, acţiunile lor ar putea fi coordonate mai bine, iar pe de altă parte s-ar realiza economii prin reducerea cotizaţiilor statelor membre. Propunerea a fost în general bine primită, urmând ca în perioada următoare să fie examinate condiţiile concrete de înfăptuire a unificării celor două organizaţii.

Ca urmare, a fost creată o grupă de lucru comună a reprezentanţilor Convenţiei Metrului şi ai OIML, care au ţinut o primă reuniune la data de 22 februarie 1996. S-a căzut de acord că relaţiile celor două organizaţii trebuie subordonate evoluţiei nevoilor viitoare ale metrologiei, a căror identificare va sta în atenţia CIPM şi a CIML. În acest scop, va fi luat în consideraţie documentul elaborat în cadrul OIML în 1995, privitor la politica pe termen lung a OIML.

Grupul de lucru comun se va întruni din nou în septembrie 1996 şi apoi, pentru a treia oară, în februarie 1997, când vor fi invitate şi alte organizaţii internaţionale.

PAGINI DIN ISTORIA METROLOGIEI

Sâmbra oilor, o instituție originală de metrologie

NICOLAE P. LEONĂCHESCU *)

1 Introducere

Sărbătoarea populară numită „Sâmbra oilor" a fost cercetată de etnologi care au descris-o cu lux de amănunte în lucrările lor [2], [5]. Ea se desfășoară în fiecare an, la începutul lunii mai, numai în satele cu oi. În satul Bixad din județul Covasna, ea se desfășoară la dată fixă, în ziua de 10 mai.

Cercetând îndeaproape scenariul și elementele acestei sărbători, se constată că esența ei este METROLOGIA. Partea folclorică, jocurile, cântecele, parada costumelor etc. constituie suprafața, elementul adăugat, secvențial, spre a da culoare esenței.

La începutul lunii mai, se constituie turmele pentru pășunatul alpin și proprietarii de oi intră în relații cantitative cu ciobanii, cu bacii și cu stăpânul de munte. Ambele părți formulează condiții, negociază și stabilesc un „contract economic".

Datorită arhaismului acestei îndeletniciri, crescutul și pășunatul oilor, atât ciobanii cât și proprietarii de oi au pus la punct norme metodologice, standarde nescrise care să regleze raporturile dintre ei. Astfel, a luat naștere sâmbra oilor care este, în fondul ei, o instituție originală de metrologie. Toate oile satului se adună într-o poiană din vecinătatea localității spre a se întocmi turma sau cioporul de oi și, în final, stâna. Cu acest prilej are loc un muls demonstrativ pentru a se vedea cât lapte se obține de la oi.

Astăzi, nu toate oile se mulg la sâmbră; este imposibil în majoritatea cazurilor. În anul 1960, satul Vaideeni din județul Vâlcea avea 30 000 oi în sectorul cooperativizat și 70 000 oi în cel particular. Cum să mulgă atâtea oi într-o zi?!

Printr-o experiență milenară, ciobanii au ajuns la ceea ce, în mod științific, se numește EȘANTION REPREZENTATIV. Din turma de oi aflată în poiană se selectează acest eșantion format din 50 oi, 10 oi și 6 oi.

*) Facultatea de Construcții București.

2 Unitățile de măsură

Se confruntă două grupuri de interese: proprietarii lasă oile nemulse câte 2-3 zile înainte de sâmbra lor spre a obține, în final, produse lactate (brânză de burduf, unt, urdă etc.) în cantitate mai mare; ciobanii știu acest lucru dar ei pasc oile pe pășuni alpine cu iarbă grasă, mult mai hrănitoare și obțin lapte mai mult. Cele două surse de erori metrologice se vor corecta în limitale admise de toți.

Ciobanii nu dispun de un institut de metrologie și nici sătenii. Cu mii de ani în urmă, ei au pus la punct institutul lor original de metrologie care le-a permis să rezolve problemele legate de măsurarea cantității de lapte obținută de la oi.

Unitățile lor de măsură pentru capacitate nu au etaloane verificate și păstrate în condiții standard; definiția acestor unități de măsură nu are exactitatea impusă astăzi de Sistemul Internațional. Părțile au constatat de multă vreme că nu este nevoie de așa ceva care devine costisitor și greoi pentru păstorii care se deplasează cu oile tot timpul. Au reținut numai necesitatea raportului relativ pe care au aplicat-o corect. De asemenea, sistemul de compensație a erorilor adoptat de părți funcționează și în zilele noastre.

Crăciunoiu Vasile, cioban din Bixad, județul Satu Mare, ne-a relatat că păstorii care mulg oile la sâmbră iau drept unitate de măsură o oală numită CUPĂ a cărei capacitate variază între unu și trei litri (1 litru = 1 dm^3), reprezentând „cantitatea de lapte mulsă într-o zi de la o oaie". Nimic fix, absolut. Cu oala respectivă se stabilesc doi submultipli (ceanoc și picur) și un multiplu (măsura), cu simbolurile lor grafice. Astfel, scara capacităților este următoarea:

- ⋋ măsura = 10 cupe
- — CUPA (≈ 1...3 litri)
- – ceanoc = 0,25 cupe
- . picur (≈ 50 grame).

CUPA este deci denumirea unității de măsură și etalonul care-o reproduce poate fi variabil numai în acel sat și numai în acel an. În satul

Negreşti-Oaş din judeţul Maramureş, scara aceasta are o altă înfăţişare şi anume:

⋋ măsura = 10 ceanoace
— CEANOC (≈ 1 litru)
– fele = 0,5 ceanoc
. picur (≈ 50 grame).

Ne aflăm, deci, în faţa unui sistem metrologic arhaic, absolut original. El este mobil, operant, ieftin, exact, simplu şi comod în utilizare dar, mai ales, ingenios. În funcţie de numărul oilor şi de cantitatea de lapte dată de fiecare oaie (determinată pe eşantionul experimental) se vor împărţi produsele lactate la coborârea oilor din munte, la răvăşirea lor.

În satele bătrâneşti cercetate de inginerul *Petre N. Panaitescu*, măsurile de capacitate folosite la sâmbra oilor sunt deosebit de interesante din punct de vedere metrologic [4], [5].

Unitatea de măsură pentru capacitate are o definiţie: „Cantitatea de lapte ce dă o oaie la o mulsătură". Deoarece această cantitate variază, unitatea de măsură nu este fixă şi admite corecţii.

În munţii Poiana Ruscă judeţul Severin avem următoarea situaţie:

măsura mare = 20 (uneori, 25) hargane
măsura mică = 10 (uneori, 12) hargane
cupa = 100 hargane
găleata = 10 hargane
HARGANUL (≈ 0,4 litri)
deci = 0,25 hargan.

În Poienița Voinii judeţul Hunedoara situaţia este mai nuanţată:

mirţa = 50 pliuri
măsura mare (găleata; strungăreaţa) = 20 pliuri
măsura mică (fela veche) = 18 pliuri
cupa = 10 pliuri
cincitura = 5 pliuri
literu sau litera = 1 litru (1 dm^3) = $\frac{10}{6}$ pliuri
PLIUL (≈ 0,6 litri)
deci = 1/6 pliu.

Oierii din Zlatna judeţul Alba folosesc următoarea gamă de multipli şi submultipli:

cupa = 4 sfârtaie
felea = 2 sfârtaie
SFÂRTACUL (≈ 0,5 litri)
pontierul (ponteriu) = 0,5 sfârtac.

În acest judeţ, aproape fiecare proprietar de oi are sfârtaie făcute din tinichea.

Tot atât de interesante sunt şi măsurile de capacitate din alte sate ale judeţului Hunedoara unde LINGURA este unitatea de măsură:

măsura mare (cupa) = 10 linguri
măsura mică = 8 linguri
LINGURA (≈ 0,5 litru)
deci = 0,2 lingură.

Oierii din Elveţia folosesc, de asemenea, LINGURA drept unitate de măsură pentru capacitate dar cu alte valori:

1 Löffel (= lingură, în germană) = 100 grame
1 Cuillerée (= lingură, în franceză) = 125 grame.

Termenul latin LINGULA care a dat românescul LINGURA (sau invers!) se foloseşte deci în traducerea germană şi franceză în Elveţia! De altfel şi celelalte măsuri de lapte sunt similare cu cele folosite de ciobanii noştri [5].

Iată deci, unitatea de măsură: harganul, pliul, sfârtacul, lingura etc. având echivalentul între 0,4... 0,6 litri, esenţa sistemului de măsurare a cantităţii de lapte dată de oi.

3 Corectarea erorilor

Ce corecţii se făceau în măsurarea cantităţii de lapte obţinute de la oi?

1. *Corecţia de LACTATIE* care depinde de momentul mulgerii şi de caracteristicile hranei pentru oi. Durata păşunatului se împarte în două perioade:

– de la Rusalii până la Sfântul Ilie (21 iulie);
– de la Sfântul Ilie până la Vinerea Mare (Cuvioasa Paraschiva, 14 octombrie).

În prima perioadă, oile se mulg de trei ori, iarba este mai hrănitoare iar oile sunt în putere şi dau lapte mai mult şi mai gras. Această perioadă se numeşte Măsura I sau Brânza mare şi în timpul ei se foloseşte, de exemplu, măsura mare = 10 linguri (jud. Hunedoara).

În a doua perioadă, condiţiile climatice se înrăutăţesc; iarba este mai proastă iar oile slăbesc şi se mulg numai de două ori pe zi. Acum se foloseşte măsura mică = 8 linguri (jud. Hunedoara) iar perioada se numeşte Măsura a II-a sau Brânza mică.

2. *Corecţia pentru RASA de oi.* În general, într-un anumit sat se află o singură rasă de oi. De la zonă la zonă, rasa de oi poate fi diferită şi deci producţia de lapte nu este identică. Oierii noştri au rezolvat problema adoptând ETALONUL MOBIL: 1 hargan = 400 grame, în Munţii Poiana Ruscă; 1 sfârtac = 500 grame, în Zlatna; 1 pliu = 600 grame, în Poienița Voinii etc., reprezentând cantitatea de lapte obţinută la o mulsoare de la o oaie, în aceste localităţi.

3. *Corecţia erorilor provocate de MULGĂTOR.* Într-un fel mulge un cioban bătrân şi altfel mulge un proprietar nespecialist şi de aici diferenţe în producţia obţinută.

Eroarea se corectează adoptându-se mulsul prin rotaţie: fiecare proprietar de oi trebuie să mulgă

toată turma când îi vine rândul. A mulge 400 oi de trei ori pe zi nu este o treabă ușoară.

La sâmbra oilor, ritualul mulgerii diferă de la o zonă la alta. De obicei, mulge întâi păcurarul și apoi proprietarii: prima mulsoare se face seara și o execută păcurarul pe un anumit eșantion sau pe toată turma; celelalte două mulsori se fac în ziua următoare, dimineața și la amiază, de către proprietarii de oi (băcionii) pe eșantioane sau pe toată turma.

În alte variante, se adoptă o singură mulsoare, duminică la amiază și se înmulțește cu trei spre a se determina cantitatea de lapte obținut într-o zi.

4. *Corecția SOCIALĂ*. Uimitor este și faptul că românii au un sistem arhaic de protecție socială și de într-ajutorare reciprocă. Într-o turmă sunt proprietari care vin cu zeci și chiar sute de oi iar alții au doar câteva oi. Pentru cei săraci care sunt și ei obligați să mulgă toată turma când le vine rândul, ciobanii sau stăpânul muntelui adoptă măsuri stimulative. Una din aceste măsuri este să i se dea în prima perioadă și laptele din a doua perioadă!

4 Răbojul

O altă problemă rezolvată în mod original de ciobani este cea a „actelor" întocmite de părți. Ei n-au umblat cu instrumentele de scris după ei. N-au avut hârtie, cerneală, stilou, condei, piele de căprioară, sugativă etc. Nici n-ar fi putut păstra astfel de înscrisuri pe hârtie la ei pe timp de ploaie, prin munte în condiții aspre de climă și de trai. Au avut la îndemână cuțitul sau briceagul (brișca), cu care făceau minuni și lemn din belșug. Așa a apărut RĂBOJUL numit și bâtă, răvaș sau țăncuș.

Este făcut dintr-o creangă de alun care poate să ajungă și la 2,50 metri lungime și chiar mai mult. Ea se taie și se finisează sub forma unei prisme cu secțiunea dreptunghiulară sau pătratică.

Pe răboj, ciobanii își notează totul. Astfel, cantitățile de lapte obținut la mulsul demonstrativ se trec în ordinea strict descrescătoare a valorilor.

Proprietarul cu cel mai mare număr de oi este înscris primul pe răboj, însemnându-se câte măsuri, câte ceanoace, fele și picur de lapte dau toate oile sale precum și numărul acestora; apoi este trecut proprietarul cu oi mai puține și așa mai departe. Simbolurile sunt simple, ușor de memorat și de reprodus cu briceagul sau cuțitul.

După ce s-a întocmit răbojul, fiecare proprietar primește o copie: un răboj mic, pe care apar datele personale, specifice oilor lui ca și în răbojul general, al satului. Răbojul individual îl ia fiecare gospodar și îl păstrează la el acasă iar când oile coboară de la munte, îl prezintă la răvășit spre a-și primi drepturile.

Răbojul satului se depune la primărie, la loc vizibil și este consultat și verificat de toți cei interesați în tot timpul anului. Controlul obștesc este, aici, deosebit de eficace.

În problema răbojului, legile sunt foarte dure: cine-l pierde nu mai are nici un drept, pierde și oile. Ai carte, ai parte! Toți știu asta și păstrează răbojul cu sfințenie ca o lege a părților. În caz contrar, apare violența, răzbunarea, crima.

Ca să demonstrezi că ai oi și drepturi trebuie să prezinți răbojul. Acesta se confruntă cu cel aflat la primărie și când îl primești și când îl prezinți. Fără el, nimeni nu te recunoșate pentru că răbojul se poate fura sau vinde și apar alți pretendenți cu el în mână și ciobanul trebuie să-l onoreze! La fel și în caz de deces.

Pe răboj, ciobanul crestează cu briceagul simbolurile corespunzătoare cantității de lapte pe care o dau oile unui proprietar. Simplu și eficace!

Inginerul *Petre N. Panaitescu* și arhitecta *Silvia Păun* au ajuns la concluzia [5], [6] că răbojul românesc este foarte vechi, moștenire de la daci, strămoșii noștri. Simbolurile folosite pe el de către aromânii din Peninsula Balcanică și de valahii din Moravia sunt originale și datează din vremea de dinaintea cuceririlor romane.

Există răboaje și la alte popoare dar pe ele apar semne grafice specific romane, mai târzii. Popoarele migratoare n-au avut răboj și l-au asimilat de la păstorii localnici o dată cu meseria. Răboajele elveților, francezilor, italienilor, spaniolilor etc. au denumiri latine [5].

Aurelia Bălan-Mihailovici a demonstrat [1] că termenii răboj și răvaș sunt autohtoni și au origine tracă.

Răboajele au fost folosite și de englezi. O cameră întreagă din Casa Lorzilor era plină până la tavan cu ele. În anul 1834 le-au ars pe toate din nefericire și din cauza sobelor încinse a ars toată clădirea Parlamentului. Iată o mică „Bibliotecă din Alexandria" arsă în plin ev modern!

Românii și-au păstrat obiceiurile lor arhaice indiferent de stăpân. În anul 1662, contele *Nicolae Bethlen* scria [3], [8]: „Acești păstori trăiesc de veacuri în fundul văilor, ca în niște republici mici separate, ai căror membri nu au nici o legătură cu ceilalați locuitori ai Ardealului. Capul de familie este în același timp preot, jude care dimineața și seara stă la rugăciune cu casnicii săi, ținând și judecată între ei. Acești oameni trăiesc slobozi".

Astăzi, la sâmbra oilor, aceste vechi obiceiuri sunt încă operante.

Până când ciobanii stabilesc toate datele cantitative (eşantionul reprezentativ; mulsul demonstrativ; răbojul general, pentru care fiecare proprietar se prezintă când îi vine rândul; răboajele individuale etc.), ceilalţi participanţi nu au ce face, se plictisesc. Aşa ia naştere spectacolul folcloric; oamenii se distrează, cântă etc. şi când sunt strigaţi, se prezintă în faţa ciobanilor cu oile, desprinzându-se din rândul celor care petrec spre a se implica în substanţa metrologică a sâmbrei.

O chestiune greu de rezolvat este aceea a întâmplării. Pe durata păşunatului alpin, unele oi mor, altele sunt mâncate de lupi sau de urşi iar pe altele le mănâncă... ciobanii. Când pe munte sau pe drum se întâlnesc două turme şi se amestecă au loc acte de violenţă şi ciobanii mai puternici iau din turma străină oi în plus cu care-şi acoperă lipsurile. Aşa se face că la răvăşitul oilor, după ce fiecare proprietar îşi ia oile, identificate după semnul de la ureche, mai rămân în târlă oi ale nimănui, un surplus care se cheamă caracaşic. Proprietarii care au oi lipsă sunt despăgubiţi din caracaşic. O asemenea practică se întâlneşte şi azi în Stroeşti – Argeş.

Dacă oile au fost mâncate, ciobanii au obligaţia să aducă semnele de la ureche spre justificare. Evident, justificările, incriminările, acuzaţiile sunt prezente şi de o parte şi de alta. Păgubaşul cu o mie de păcate, iar hoţul cu unul singur!

Adunarea oilor sau împreunarea lor spre a constitui o turmă aflată sub conducerea unui stăpân, operaţie denumită SÂMBRA OILOR, a generat o familie de cuvinte. Sunt în ţară localităţi care poartă pecetea acestei origini cum sunt: satul Zâmbreasca din judeţul Teleorman (cândva, i s-a zis Sâmbreasca) şi satul Sâmbriaş din judeţul Mureş.

De la sâmbra oilor derivă termenii; sâmbriaş, sâmbrie, simbrie etc. Multe persoane au numele de familie derivat de la sâmbră, răvaş, răboj, ţâncuş: Răboj, Răbonţu sau dublat gen Munteanu-Răboj etc.

În ceea ce priveşte limbajul folosit de ciobani în întocmirea răboajelor, menţionăm că este un limbaj specializat, criptic, specific. Limbaje specializate au folosit în trecut şi alţi meseriaşi: plutaşii, căruţaşii, abagii, boiangii, hotarnicii, constructorii, meşterii medievali etc. Lăptarii folosesc şi azi trei semne simple cu următoarele semnificaţii.

| = 1 litru;
O = 5 litri;
⋋ = 10 litri (ca pentru MĂSURĂ).

Pe răboajele ciobanilor întâlnim, deci, un sistem de memorizare, numeric. În trecut, răbojul se folosea în satul românesc arhaic pe o scară mult mai largă [5], [6], [7].

Inginerul *Petre N. Panaitescu* a efectuat pe această temă cercetări ample, cunoscute de specialişti [5]. Semnalăm, cu titlu de exemplu, că răboajele serveau în trecut pentru operaţii vaste de recenzare. Pe cele patru feţe ale răbojului se treceau:

Faţa A – proprietăţile (vite, oi, iugăre de pământ);

Faţa B – dările (zloţi, libre de produse, zile de muncă) faţă de stăpânire;

Faţa C – numerele caselor din sat;

Faţa D – numărul oilor.

Alegerea primarului din Susen – Argeş [7] este însoţită de predarea răbojului; la Bercioiu – Argeş, răbojul are funcţii sociale [5] etc. În principiu, indiferent de varianta constructivă şi de destinaţia lui, răbojul este un document oficial şi se constituie într-o sursă documentară cu caracter economic, într-o arhivă.

Simbolistica răboajelor a evoluat deci de la un simplu sistem mnemotehnic (limbaj specializat) spre un sistem general de comunicare (limbaj comun). Aceasta este o problemă mai delicată ce depăşeşte limitele temei ce ne-am propus să evidenţiem.

Trebuie să constatăm, în final, că limbajul specializat al răboajelor folosite de ciobani este arhaic şi folosirea lui astăzi în multe sate, chiar dacă în fază crepusculară, este o dovadă a permutanţei românilor pe aceste meleaguri.

În acelaşi timp, toate operaţiile metrologice care se fac la sâmbra oilor poartă pecetea arhaicului, prezente astăzi într-o lume modernă şi sofisticată. Sâmbra oilor este dovada continuităţii de viaţă şi tradiţii a locuitorilor acestui spaţiu mioritic.

Bibliografie

[1] *Bălan-Mihailovici, Aurelia* – Semn, semnificaţie, structuri semantice stabile: răboj şi a răbda. Comunicare la Societatea Cultural-Ştiinţifică „Genetica". Bucureşti, 20 mai 1995.

[2] *Butură, V.* – Străvechi mărturii de civilizaţie românească. Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică. Bucureşti, 1989.

[3] Memoires historiques du Comte Bethlen. Amsterdam, 1736.

[4] *Panaitescu, P.N.* – Satul bătrânesc. Ce-au găsit ungurii la venirea lor în Transilvania? Sibiu, 1944. Extras din : Transilvania, anul 75, nr. 1.

[5] *Panaitescu, P.N.* – Răbojul. Studiu de istorie economică şi socială la români cu o hartă a răbojului în Europa. Bucureşti, 1946.

[6] *Păun, Silvia* – Grafica semnelor răbojului comparativ cu cea a unor scrieri vechi. Cântarea României, nr. 9, 1984.

[7] *Stoianovici, T.A.* – Un funcţionar sătesc: pomojnicul. Sociologie românească, 1942, p. 485–493.

[8] *Veress, A.* – Bibliografia româno-ungară. Vol. I, II şi III. Bucureşti, 1931–1935, p. 18.

INFORMAȚII

Seminarii privind evaluarea și exprimarea incertitudinii de măsurare

Din inițiativa S.C. ROMAN S.A., Brașov, a fost organizat de către RELAR un seminar cu tema „Evaluarea și exprimarea incertitudinii de măsurare", în noiembrie 1995, la Brașov, axat în special pe nevoile în această direcție ale activității de acreditare a laboratoarelor de încercări. Lucrările prezentate au avut ca punct de plecare Ghidul ISO referitor la acest subiect, aparut în 1993 [*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement,* ISO / BIPM / IEC / IFCC / ISO / IUPAC / IUPAP / OIML, Edition I, 1993], a cărui aplicare în domeniul laboratoarelor de etalonare și de încercare este de actualitate în toate țările Europei.

O prezentare generală a subiectului a fost facută de dl. dr. *A. Millea*, directorul Institutului Național de Metrologie. Au urmat referate cu studii de caz și aplicații, susținute de dl. dr. *E. Halasz* de la Combinatul de Oțeluri Speciale din Târgoviște, dna dr. *Rodica Stoian* de la RONEXPRIM București și dna *Maura Popescu* de la S.C. ROMAN, Brașov. Discuțiile au relevat oportunitatea seminarului și nevoia ca el să fie urmat de alte întâlniri ale specialiștilor pentru informare reciprocă și pregătirea unor documente în sfera subiectului discutat.

Un al doilea seminar, cu o tematică similară, a avut loc în ziua de 26 aprilie 1996, organizat de Institutul Național de Metrologie, de facultatea Electrotehnică a Universității Politehnica din București și de Fabrica de Elemente de Automatizare, București. Referatele au abordat aspecte în legatură cu terminologia, definiții, principii generale ale exprimării incertitudinii de măsurare, proceduri specifice pentru evaluarea incertitudinii și cazuri practice. Pe lângă vorbitorii de la seminarul ținut la Brașov, au prezentat contribuții dnele *Steluța Duța* și *Mirela Buzoianu* de la Institutul Național de Metrologie, cu referire în special la domeniul materialelor de referință.

Seminarul a evidențiat implementarea pe scară largă a conceptelor și procedurilor prevăzute în Ghidul ISO în multe țări din lume, fapt confirmat și de apariția unor documente editate, de exemplu, de WECC în Europa Occidentală [*Guidelines for the expression of the uncertainty of measurement in calibration,* WECC Document 19-1990], de NIST în SUA [*Guidelines for evaluating and expressing the uncertainty of NIST measurement results*, NIST Technical Note 1297, 1994 Ed.], de NAMAS în Anglia [*The expression of uncertainty and confidence in measurements,* NIS 3003, Ed. 11, NAMAS, 1995]. Se află în stadiu de proiect și un document cu subiect similar al Organizației Internaționale de Metrologie Legală [*Guide OIML sur les incertitudes de mesure dans la métrologie légale,* OIML, Paris, 1996].

Subiectul fiind de actualitate, este de așteptat reeditarea seminarului, ca răspuns și la numeroase solicitări primite în ultimul timp.

A 6-a reuniune a Comitetului COOMET

A 6-a reuniune a comitetului COOMET a avut loc la Sofia, între 10 și 12 aprilie 1996, într-una din sălile de conferințe ale hotelului RODINA și la sediul Comitetului de Standardizare și Metrologie al Bulgariei.

Au participat membrii comitetului COOMET, delegațiile țărilor membre COOMET, președintele și secretariatul COOMET, raportori ai comitetelor tehnice COOMET, personal tehnic din partea gazdelor, invitați.

Reuniunea a fost salutată de dl *Ventislav Gavrailov,* președintele Comitetului pentru Standardizare și Metrologie al Bulgariei, și de dl *Atanas Paparizov,* ministrul Comerțului și Cooperării Economice Externe al Bulgariei.

Dl *Robert Spurny,* preşedintele COOMET, a deschis reuniunea.

S-a păstrat un minut de reculegere în memoria dlui *Rolph Brust* (PTB, Germania), fost colaborator activ în delegaţia Germaniei la COOMET, bine cunoscut în instituţiile de metrologie ale ţărilor din centrul şi estul Europei.

Au fost acceptate unele modificări în Regulile de procedură ale COOMET. Secretariatul COOMET va elabora versiunea nouă a Regulilor de Procedură şi o va trimite membrilor pentru observaţii.

Au fost numiţi noi raportori pentru două domenii tematice: dr. *Duris* (Slovacia) pentru domeniul Temperatură; dr. *Patoprsty* (Slovacia) pentru domeniul Fizico-chimice. Delegaţia Germaniei a propus să desemneze un specialist din PTB ca raportor pentru domeniile de interes comun: Metrologie generală, Metrologie legală, Servicii de Etalonare. Domeniile care au rămas fără raportor sunt: Măsurarea debitului, Acustică şi vibraţii.

Raportorii au prezentat rapoarte anuale pentru următoarele domenii tematice: • Masă, forţă, presiune • Electricitate • Lungime, unghi • Timp, frecvenţă • Radiaţii ionizante • Fotometrie, radiometrie • Materiale de referinţă.

Catalogul COOMET („COOMET Directory"). părţile 1, 2 şi 3 au fost prezentate participanţilor şi supuse discuţiei. Pe baza propunerilor delegaţilor, ele au fost actualizate şi completate.

Invitaţii reuniunii au prezentat scurte rapoarte asupra organizaţiilor pe care le reprezintă.

Dl. *A. Wallard,* reprezentantul EUROMET a informat despre strategia EUROMET şi despre condiţiile în care instituţiile naţionale de metrologie pot deveni membri asociaţi. Oricare din acestea poate primi calitatea de membru asociat, dacă îndeplineşte următoarele patru condiţii: (a) să posede etaloane naţionale adecvate; (b) să asigure trasabilitatea; (c) să aibă o infrastructură metrologică solidă; (d) să dorească să ia parte la proiectele EUROMET.

Dr. *T. J. Quinn* (BIPM) a vorbit despre activităţile BIPM, rezoluţiile celei de a 20-a Conferinţe Generale de Măsuri şi Greutăţi şi relaţiile BIPM cu organizaţiile regionale de metrologie. Dl. *Quinn* a insistat asupra rolului esenţial pe care îl joacă organizaţiile regionale, ca verigă intermediară în asigurarea trasabilităţii mondiale.

Dl. *B. Athané* (OIML) a prezentat strategia pe termen lung a OIML, sistemul de certificate OIML şi unificarea posibilă în viitor a celor două organizaţii internaţionale de metrologie, Convenţia Metrului şi OIML. Comentând unele din proiectele propuse, a recomandat ca COOMET să nu caute implementarea unui sistem propriu de acreditare, ci să adere la sistemul care se dezvoltă în Europa occidentală, iar în materie de metrologie legală să promoveze preluarea documentelor/recomandărilor OIML şi să intermedieze legăturile cu OIML ale ţărilor care nu sunt membre OIML (de ex. Ucraina, Belarus, Lituania).

Dr. *W. Schulz* (WELMEC) a făcut o expunere în legătură cu activităţile curente ale WELMEC şi a subliniat corelaţiile existente între metrologia legală şi metrologia industrială, organismele de acreditare şi organismele de certificare. A afirmat că WELMEC este deschis aderării statelor central şi est-europene, ca membri asociaţi, câteva având deja acest statut (Cehia, Polonia, România, Slovacia, Ungaria). A arătat de asemenea că în Europa există o mare varietate de structuri atât ale metrologiei legale, cât şi ale metrologiei industriale, ceea ce îngreunează armonizarea activităţilor lor pe plan european; o schimbare a acestora ar fi în general dificilă, din cauza imobilismului şi obişnuinţei. Pentru ţările est-europene, alegerea unui sistem adecvat este de importanţă vitală, ele putând evita neajunsurile constatate în ţările cu tradiţie.

Trei dintre raportorii COOMET (*B. Piotrovska, J. Lipinski, V. Tatarenkov*) au prezentat informaţii asupra colaborărilor cu alte organizaţii internaţionale de metrologie.

A fost acceptată oferta delegaţiei germane de a organiza a 7-a reuniune a Comitetului COOMET în Braunschweig, în perioada aprilie-mai 1997.

Program de acreditare a laboratoarelor în SUA

NVLAP (National Voluntary Laboratory Accreditation Program) a fost înfiinţat în 1976 de către NBS (National Bureau of Standards, actualmente National Institute of Standards and Technology) şi funcţionează ca o „terţă parte" guvernamentală pentru acreditarea laboratoarelor de etalonare şi de

încercare. Până la jumătatea anului 1995, în cadrul noului subprogram CALLAB (Calibration Accreditation Program), inclus în NVLAP, au fost acreditate primele șase labora toare de etalonare. Prin crearea unei rețele extinse de laboratoare de etalonare acreditate în SUA se caută întărirea infrastructurii metrologice, înlăturându-se unele bariere din calea comerțului exterior american.

Sistem bazat pe coduri de bare pentru evidența mijloacelor de măsurare

Firma **RQA Impex SRL** din București - realizatoare a sistemelor bazate pe tehnologia codurilor de bare pentru gestiunea cantitativ-valorică a stocurilor unor supermagazine (cum sunt „EVA" sau „VICTORIA" din București) și a unor sisteme de achiziție de date pentru transportatori (de exemplu, pentru „DHL International Romania SRL") – oferă de asemenea un sistem de asigurare a trasabilității mijloacelor de măsurare (aplicația reprezentativă fiind elaborată pentru întreprinderea „Rulmenți grei" din Ploiești).

Acest tip de sistem devine o necesitate pentru întreprinderile mari, care doresc să se alinieze la cerințele standardului SR ISO 9001. Mijloacele de măsurare ale întreprinderii trebuie să poată fi identificate în orice moment, pentru controlul rapid și sigur al conformității situației de pe teren cu înregistrările scriptice corespunzătoare, în special în ce priveste validitatea etalonării (verificării) acestora, potrivit programului general de asigurare metrologică al întreprinderii.

Sistemul realizat are următoarele caracteristici și performanțe:

- permite identificarea **unică** a fiecărui mijloc de măsurare, în mod clar și sigur, în orice condiții ale mediului de lucru (etichetele scrise manual necesită mai mult timp pentru completare, scrisul cu mâna poate produce confuzii, au o durabilitate mai scazută etc.);
- informațiile pentru identificare pot fi utilizate rapid și fără riscul de eroare (în mod normal automat, existand însă și posibilitatea citirii de către operatorul uman);
- creșterea operativității, prin reducerea elementelor repetitive la înregistrări (mențiunile referitoare la elementele de recunoaștere: reper, serie, an de fabricație, caracteristici tehnice, informații de localizare în teren etc.);
- portabilitate, pentru zone cu mare densitate de informații, în condiții grele de mediu sau pentru operații de inventariere;
- implementarea sistemului automat permite înlocuirea sistemului manual cu un efort minim;
- aplicarea etichetelor se poate realiza rapid și comod, pe aparate de naturi și forme diverse, fără să lase amprente și fără să corodeze;
- etichetele sunt durabile, în medii variate (temperaturi între –40 °C și +140 °C, sub acțiunea razelor solare, umezeală, diverse lichide etc.) și aderente pe orice suprafață (metal, lemn, sticlă, mase plastice, vopsea etc.) neputand fi dezlipite decat prin distrugere.

Programul (software) aferent sistemului gestionează o bază de date în care se regăsesc:

- descrierea caracteristicilor funcționale ale fiecărui mijloc de măsurare luat în evidență;
- istoricul tuturor evenimentelor relevante, cu ocazia etalonărilor (verificărilor);
- starea fiecărui mijloc de măsurare la un moment dat;
- locul în care se află în teren, persoane care îl dețin sau utilajul pe care este amplasat;
- data la care a părăsit laboratorul de metrologie și data la care este scadentă etalonarea (verificarea) următoare.

Extinderea sistemului și la evidența personalului permite identificarea rapidă și înregistrarea exactă a persoanelor care efectuează primirea și predarea mijloacelor de măsurare.

A 14-a Conferință internațională IMEKO de măsurări de forțe și mase, Varșovia, 5–9 septembrie 1995

În perioada 5–9 septembrie 1995 s-au desfășurat la Varșovia lucrările celei de-a 14-a conferințe internaționale de măsurări de forțe și mase, organizată de IMEKO (Confederația Internațională a Măsurărilor) în colaborare cu GUM (Oficiul Central de Măsurări) și POLSPAR (Societatea Poloneză pentru Măsurări, Control Automat și Robotică).

În cele trei zile de conferințe în plen au fost programate 46 lucrări științifice. Faptul că au fost prevăzute sesiuni orale paralele sau postere a permis participanților să audieze toate comunicările din domeniile înrudite: măsurări de forțe (18, dintre care 9 despre etaloane și 9 despre traductoare), mase (14) și cupluri (4), precum și măsurări dinamice (6) și diverse aplicații (4).

După lucrările publicate în volumul conferinței, ele aparțin unor autori din următoarele țări: Germania (9), România (8), Polonia, Italia (6), Marea Britanie (4), China, Coreea de Sud (3), Spania, Finlanda (2), Suedia, Norvegia, Slovacia, Australia, Singapore, Ucraina (1).

Cele opt lucrări românești sunt:

- Traductoare tensometrice de forțe cu elemente elastice în formă de Z – *D. M. Ștefănescu, A. Sandu, T. Mănescu*
- Caracteristicile mașinii etalon de forțe de 32 MN de la ICMET Craiova – *A. Marinescu, D. Peschel* (PTB)
- Măsurarea tensometrică a tensiunilor mecanice din elementele hidraulice de susținere din industria minieră – *H. Simaschievici, M. Ridzi, O. Turcu*
- Traductor de presiune și debit cu membrană și fluid magnetic – *R. Olaru*
- Soluție pentru măsurarea simultană a cuplurilor și forțelor axiale – *I. Muscă, F. Iacobescu*
- Determinarea experimentală a amplitudinilor vibrațiilor unor mecanisme – *L. Brândeu, N. Herișanu*
- Aspecte privind măsurarea forțelor dinamice în solul prelucrat cu utilaje vibratorii – *N. Faur*
- Evaluarea forțelor tangențiale la impactul bilă-disc lubrificat – *I. Muscă.*

Este demnă de menționat colaborarea cu PTB, Germania, pentru realizarea mașinii etalon de forță de 32 MN de la ICMET, Craiova. De asemenea, specialiștii italieni de la IMGC Torino au prezentat rezultate ale cooperării cu omologii lor din Spania, China și Singapore. Au fost prezenți în total 88 participanți din 19 țări (fără comunicări: Franța, Danemarca, Turcia și Egipt), importantă nefiind cantitatea ci calitatea deosebită a participării internaționale.

În imediata vecinătate a sălii de conferințe a fost organizată o expoziție de aparatură de vârf: traductoare de forțe și presiuni (Hottinger), balanțe de precizie (Mettler-Toledo și Sartopol, adică filiala indigenă a lui Sartorius), mașini de încercat (Gassmann-Theiss, Schenck Polska, Tira-Serwis și Zwick), precum și echipamente produse de întreprinderile autohtone Radwag (mecanică de precizie) și Radiotechnika Marketing.

Participanții la conferință au fost invitați la următoarele vizite tehnice:

– *Oficul Central de Măsurări*, care a sărbătorit de curând 75 de ani de activitate. Dintre cele 35 laboratoare specializate (cu 370 angajați, plus alți 1440 la cele 69 oficii din teritoriu), au fost vizitate cele de forțe, mase, cântăriri, durități, precum și muzeul tehnic de metrologie.

– *Institutul Politehnic din Varșovia*: sediul central, care găzduiește un interesant bazar de mineralogie și campusul sudic, în curs de modernizare și reorganizare și pregătirea în domeniul mecanotronicii.

A fost anunțată pregătirea celei de-a 15-a conferințe de măsurări de forțe și mase, care va avea loc la Madrid între 7 și 11 octombrie 1996. Titulatura mai complexă – „Asigurarea exactității în măsurările de forțe, cupluri și mase. De la metrologia generală la aplicații industriale", ca și tematica extrasă din primul anunț, deja tipărit și distribuit reprezentanților naționali, denotă grija pentru atragerea unui cerc mai larg de specialiști.

Dan-Mihai Ștefănescu *)

*) Institutul de Mecanica Fluidelor și Dinamic Zborului.

Cărți apărute în
EDITURA TEHNICĂ
în trimestrul I 1996

ȚĂPOSU, I. – **Teorie și probleme de mecanică newtoniană** (*392 pag., broșată, 18 000 lei*).

CERGHIZAN, M. – **Excel 7.0 pentru Windows 95** (*Seria Microsoft, 480 pag., broșată, 10 000 lei*).

VASIU, L. – **Visual Basic 3.0** (*Seria Microsoft, 256 pag., broșată, 7000 lei*).

CEAPÂRU, M. – **Comunicația prin intermediul rețelelor de calculatoare** (*264 pag., broșată, 7000 lei*).

SWAN, T. – **Învățăm C... pas cu pas** (*trad. din lb. engleză, 416 pag., broșată, include dischetă, 15000 lei*).

MINISTERUL MUNCII ȘI PROTECȚIEI SOCIALE. COMISIA NAȚIONALĂ PENTRU STATISTICĂ – **COR-Clasificarea Ocupațiilor din România. Manual pentru utilizatori** (*368 pag., legată, 20 000 lei*).

CENTRUL INTERNAȚIONAL DE COMERȚ UNCTAD/GATT – Organizația Internațională de Standardizare–ISO – **Manualul sistemului calității. Ghid pentru implementarea standardelor internaționale ISO 9000** (*trad. din lb. engleză, 200 pag., broșată, 3000 lei*).

SCOTT, B. – **Arta negocierilor** (*trad. din lb. engleză, 152 pag., broșată, 5000 lei*).

NOYÉ, D. ȘI PIVETEAU, J. – **Ghid practic pentru formarea profesională** (*trad. din lb. franceză, 172 pag., broșată, 6500 lei*).

VLASE, A. – **Tehnologia construcțiilor de mașini** (*508 pag., legată, 13 300 lei*).

SOARE, M. ș.a. – **Rezistența materialelor în aplicații** (*384 pag., legată, 10 000 lei*).

MINCIU, C. ș.a. – **Scule așchietoare. Îndrumar de proiectare.** Vol. II (*332 pag., broșată, 7900 lei*).

BĂJENESCU, T. – **Fiabilitatea componentelor electronice** (*464 pag., broșată, 11 000 lei*).

xxx **HÜTTE – Manualul inginerului. Fundamente** (*traducere din lb. germană, 1384 pag., 35 000 lei*).

IVANOV, I. ȘI CĂPĂȚÂNĂ, AL. – **Lexicon de materiale tehnologice pentru industrie și construcții.** Vol. I (A-C) (*432 pag., legată, 9000 lei*).

xxx **Dicționarul specialiștilor. Un Who's Who în știința și tehnica românească.** Vol. I (*484 pag., legată, 20 000 lei*).

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

Pentru comenzi, difuzorii, alți agenți economici și persoanele fizice se pot adresa la **Editura Tehnică**
Depozit. Librărie. Anticariat
R-70702 București, str. Oteteleșanu 1
Tel./FAX 615 88 66

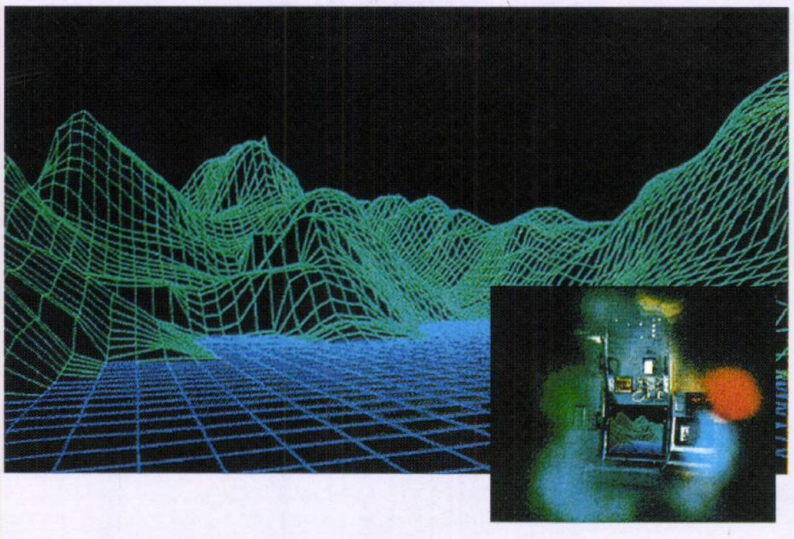
Lei 3500

E 8225
FF
8 000000 214324

INM Nr 3/1996

metrologie

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS ÉS KÖNYVTÁR
1883
ORSZÁGOS KÖZPONTI



SUMMARY

STELUȚA DUȚĂ: On assuring the traceability of reference materials for concentration and of measurements in the field of spectro(photo)metry . . 66

IOAN CÎRNEANU: Standard uncertainty evaluation for measuring and determining the constant of the secondary standard electrolytic conductivity cells . . 74

AVRAM HELLER: On the possibility to develop a seismic mechanical vibrometer using the Hall transducer . . 78

CONSTANTIN ILIESCU, SORIN-DAN GRIGORESCU, BRANDUȘA PANTELIMON: On the use of combined Sigma-Delta and PWM for designing high-resolution digital-analog converters 82

CONSTANTIN VLAICU: Electronic fluxmeter 86

INFORMATION

SOMMAIRE

STELUȚA DUȚĂ: Sur l'assurance de la traceabilité des matériaux de référence de concentration et des mesurages dans le domaine de la spectro(photo)métrie 66

IOAN CÎRNEANU: L'évaluation de l'incertitude standard pour le mesurage et la détermination de la constante des cellules étalons secondaires de conductivité électrolytique 74

AVRAM HELLER: Sur la possibilité de réalisation d'un vibromètre sismique mécanique en utilisant le capteur Hall 78

CONSTANTIN ILIESCU, SORIN-DAN GRIGORESCU, BRANDUȘA PANTELIMON: L'utilisation de la conversion mixte Sigma-Delta et PWM pour réaliser des convertеurs numérique-analogiques de haute résolution 82

CONSTANTIN VLAICU: Fluxmètre éléctronique 86

INFORMATION

REDACȚIA

INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE

Șos. Vitan-Bârzești nr. 11, sector 4, tel. 6342060
și 6344030/191; București; 75669

ISSN 1200–546 X

EDIȚIE REALIZTĂ SUB ÎNGRIJIREA
Editurii Tehnice
Piața Presei Libere 1, sector 1, București, cod poștal 71341,
tel. 222.66.30, fax 222.37.76

Cererile pentru abonamente vor fi adresate Editurii Tehnice, Biroul de comenzi și desfacere,
București, str. Oteteleșeanu nr. 1, sector 1, cod poștal 70702, tel. 615.88.66
cont virament 645151124 BCR, filiala sector 1.
Costul unui abonament anual este 14 000 lei.

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS ÉS KÖNYVTÁR KÖZPONT 1993

METROLOGIE

Publicație tehnico-științifică

editată de

INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE

SUMAR

STELUȚĂ DUȚĂ: Asigurarea trasabilității materialelor de referință de concentrație și a măsurărilor din domeniul spectro(foto)metriei 66

IOAN CÎRNEANU: Evaluarea incertitudinii standard de măsurare și de determinare a constantei celulelor etalon secundar de conductivitate electrolitică 74

AVRAM HELLER: Posibilitatea realizării unui vibrometru mecanic seismic, folosind traductorul Hall 78

CONSTANTIN ILIESCU, SORIN-DAN GRIGORESCU, BRANDUȘA PANTELIMON: Utilizarea conversiei mixte Sigma-Delta și PWM pentru realizarea convertoarelor digital-analogice de mare rezoluție 82

CONSTANTIN VLAICU: Fluxmetru electronic 86

INFORMAȚII

*
* *

Colectivul de redacție: fiz. Dragoș Boiciuc, Viorica Burciu (*secretar de redacție*), ing. chim. Mirela Buzoianu, ing. Gabriel Iordăchescu, fiz. Gheorghe Ispășoiu, dr. ing. Aurel Millea (*redactor responsabil*), ing. Ionel Urdea.

METROLOGIE, vol. XLIII (Serie nouă) nr. 3/1996 p. 65–92

Asigurarea trasabilității materialelor de referință de concentrație și a măsurărilor din domeniul spectro(foto)metriei

STELUȚA DUȚĂ *)

Abstract: *As the traceability of spectrometric measurements to the SI standards is an important prerequisite for international compatibility and uniformity of measurements for the purpose of recognition of measurement results, the paper points out the problems of ensuring national traceability and the contribution of the National Institute of Metrology in the field of single element, multielement and matrix CRM.*

Résumé: *Etant donné que la traceabilité des mesurages spectrométriques aux étalons SI est une précondition importante pour la compatibilité et l'uniformité des mesurages dans le but d'obtenir la reconnaissance des résultats des mesurages, l'article met en évidence les problèmes spéciales de l'assurance de la traceabilité nationale et la contribution de l'Institut National de Métrologie dans le domaine des MRC uniélément, multiélément, et matrice.*

În metrologie, coordonarea activității internaționale referitoare la asigurarea trasabilității materialelor de referință de concentrație, ca mijloace ale cantității de substanță și a măsurărilor analitice, este inițiată, din anul 1993, de Comitetul Internațional de Măsurări și Greutăți (CIPM) prin Grupa de lucru pentru metrologie în chimie, respectiv, prin Comitetul Consultativ pentru Cantitatea de Substanță [1], [2], care, pentru a dovedi trasabilitatea măsurărilor, a pus în aplicare un program de comparații internaționale a măsurărilor chimice, la nivelul laboratoarelor naționale, prin intermediul materialelor de referință de concentrație specifice.

În Europa, problemele legate de stabilirea trasabilității sunt în sarcina EUROCHIM în colaborare cu ISO, IUPAC și ILAC; pe plan regional, au fost create grupele CITAC și Comitetul EUROMET care, în colaborare cu instituțiile naționale specializate, studiază aspecte care se referă la:

- materialele de referință, metodele și mijloacele de măsurare primare;
- validarea de noi metode analitice care să se apropie de metodele absolute;
- îmbunătățirea exactității de măsurare a metodelor analitice existente.

Din problematica abordată se desprinde clar rolul important al materialelor de referință de concetrație, care materializează unitatea de măsură derivată a cantității de substanță, concentrația, exprimată sub formă de concentrație molară, mol/l, fracție molară, 1, concentrație masică, kg/L, fracție molară, 1 etc., în asigurarea trasabilității măsurărilor analitice, alături de alte utilizări pe care le au în sistemele de măsurare, prezentate în [3], prin:

- dezvoltarea schemelor de trasabilitate corespunzătoare;
- realizarea materialelor de referință secundare;
- utilizarea lor directă în practica analitică.

Pentru a îndeplini rolul de etaloane și a contribui la transferul măsurării în timp și spațiu ca valoare de referință pentru validare și intercomparare, materialele de referință trebuie caracterizate, prin valoarea concentrației sau a unei mărimi dependente de aceasta, pe baza unei legi (ex. legea Lambert-Beer în spectro(foto)metrie), prin incertitudinea acestei valori, omogenitatea și stabilitatea ei, printr-o procedură care stabilește "trasabilitatea la realizarea exactă a unității în care sunt exprimate valorile proprietății".

Sunt acceptate mai multe posibilități de caracterizare a materialelor care sunt utilizate, după caz, funcție de problema analitică pentru care aceste etaloane sunt destinate. În conformitate cu acestea, ori de câte ori este posibil, materialele de referință de compoziție chimică și concentrație se certifică pe baza exactității și repetabilității măsurărilor [4], și, în acest mod, valoarea certificată a concentrației reprezintă cea mai bună estimare a valorii adevărate. În cazul în care măsurarea depinde de metoda și etaloanele

*) Institutul Național de Metrologie, șos. Vitan-Bârzești nr. 11, sector 4, București.

utilizate, certificarea materialului nu necesită analiza interlaboratoare şi atribuirea valorii şi incertitudinii se face luând în considerare toate erorile sistematice şi aleatorii inerente în orice proces de măsurare. Materialele de referinţă tip aliaje, certificate de regulă prin procedura bazată pe analiza interlaboratoare pe baza unor metode de măsurare cu fidelitate cunoscută şi a unor materiale de referinţă sintetice constituite din metale spectroscopic pure, formează grupa materialelor de referinţă secundare, care se folosesc la certificarea materialelor de referinţă de lucru.

Pentru asigurarea trasabilităţii materialelor de referinţă şi a măsurărilor analitice şi pentru realizarea schemelor de trasabilitate a acestora, pe plan mondial s-a acceptat o împărţire a materialelor de referinţă funcţie de conţinutul, natura şi complexitatea lor, aşa cum este prezentat în fig. 1.

Criteriile pe care trebuie să le îndeplinească materialele de referinţă în termeni de compoziţia materialului precum şi o propunere de ierarhizare a acestora [5], în termeni de trasabilitate la SI, sunt prezentate în fig. 2 şi tabelele alăturate, şi anume:

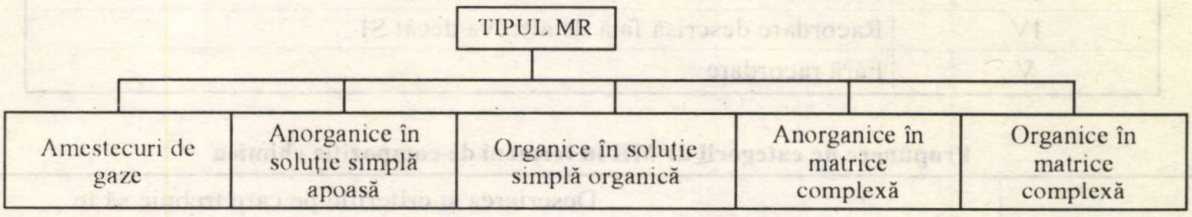


Fig. 1

materiale de înaltă puritate (*A*), reactivi primari (*B*), materiale pure (*C*), materiale matrice (*D*), materiale cu constituenţi minori (*E*), cu constituenţi în urme (*F*), cu constituenţi în ultraurme (*G*) şi materiale nedefinite (*H*).

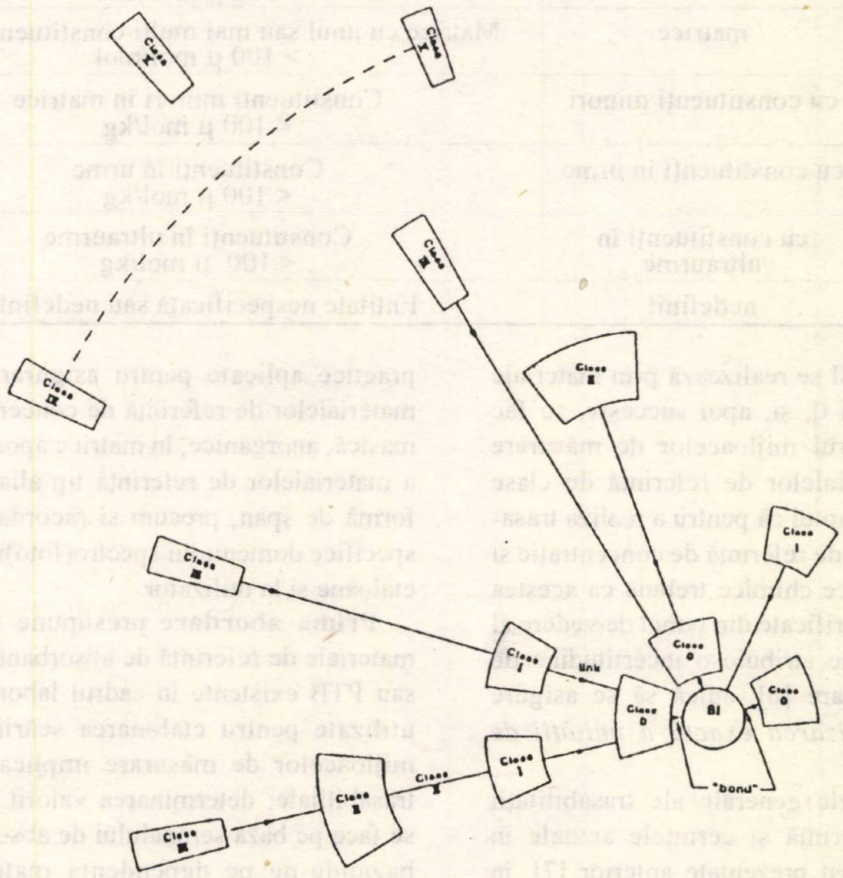


Fig. 2

Propunere de ierarhizare a MR în termeni de trasabilitate la SI

Clasa	Descrierea şi criteriul în termeni de trasabilitate la SI
0	Entitate specificată pură certificată la SI cu cea mai mică incertitudine posibilă
I	Certificată prin măsurare faţă de clasa 0 sau SI, cu incertitudinea definită de metode ce nu au o dependenţă măsurabilă faţă de matrice
II	Verificată prin măsurare faţă de clasa I sau 0 cu incertitudine definită
III	Racordare descrisă faţă de clasa II, I sau 0
IV	Racordare descrisă faţă de altceva decât SI
V	Fără racordare

Propunere de categorii de MR în termeni de compoziţie chimică

Categoria	Tipul materialului	Descrierea şi criteriile pe care trebuie să le îndeplinească MR, în termeni de compoziţia materialului
A	de înaltă puritate	Entitate specificată (izotop, element, compus) certificată izotopic sau stoechiometric ca o cantitate de substanţă cu impurităţi totale, < 10 μ mol/mol
B	reactivi primari	Asemănător cu categoria A, dar < 100 μ mol/mol
C	pur	Un constituent > 950 μ mol/mol
D	matrice	Matrice cu unul sau mai mulţi constituenţi majori > 100 μ mol/mol
E	cu constituenţi minori	Constituenţi minori în matrice < 100 μ mol/kg
F	cu constituenţi în urme	Constituenţi în urme < 100 μ mol/kg
G	cu constituenţi în ultraurme	Constituenţi în ultraurme < 100 μ mol/kg
H	nedefinit	Entitate nespecificată sau nedefinită

Trasabilitatea la SI se realizează prin materiale de referinţă de clasă 0, şi, apoi succesiv, se fac comparaţii cu ajutorul mijloacelor de măsurare adecvate şi a materialelor de referinţă de clase I...V. Se subliniază faptul că pentru a realiza trasabilitatea materialelor de referinţă de concentraţie şi a măsurărilor analitice chimice trebuie ca acestea să fie certificate şi verificate din punct de vedere al concentraţiei, să li se atribuie o incertitudine de măsurare satisfăcătoare [6], adică să se asigure *racordarea la realizarea exactă a unităţii de concentraţie.*

Deoarece aspectele generale ale trasabilităţii materialelor de referinţă şi cerinţele actuale în acest domeniu au fost prezentate anterior [7], în lucrarea de faţă se prezintă două modalităţi practice aplicate pentru asigurarea trasabilităţii materialelor de referinţă de concentraţie molară şi masică, anorganice, în matrice apoasă şi, respectiv, a materialelor de referinţă tip aliaje metalice sub formă de şpan, precum şi racordarea măsurărilor specifice domeniului spectro(foto)metriei la aceste etaloane şi la utilizator.

Prima abordare presupune utilizarea unor materiale de referinţă de absorbanţă trasabile NPL sau PTB existente în cadrul laboratorului nostru, utilizate pentru etalonarea scării fotometrice a mijloacelor de măsurare implicate în lanţul de trasabilitate; determinarea valorii de concentraţie se face pe baza semnalului de absorbanţă măsurat, bazându-ne pe dependenţa matematică liniară exprimată de legea Lambert-Beer între absorbanţă

și concentrație, iar incertitudinea de măsurare a acestei valori este determinată din relația de proporționalitate $\Delta A/A = \Delta c/c$, în care A este valoarea absorbanței și c este valoarea concentrației, cu incertitudinea de măsurare ΔA, și, respectiv, Δc.

A doua abordare, presupune utilizarea materialelor de referință de concentrație și compoziție chimică ca etaloane implicate în lanțul de măsurare, (fapt care corespunde cu utilizarea lor în practica analitică, întrucât ține seama de condițiile experimentale concrete fiecărui caz în parte, de matricea materialului implicat în măsurare etc.), dependența dintre mărimea semnalului indicat și concentrație fiind exprimată de legile de bază ale spectro(foto)metriei.

În mod obișnuit, *materialele de referință primare anorganice* sunt elemente sau substanțe chimice de puritate spectrală, caracterizate din punct de vedere al purității, omogenității, stabilității și compoziției chimice: Uniunea Internațională de Chimie Pură și Aplicată stabilește limite minime de puritate pentru ele iar producătorii de compuși chimici puri trebuie să specifice în certificatul de puritate, declarația de trasabilitate a acesteia. Acceptând acestea ca date de referință și știind că în categoria materialelor de referință primare anorganice sunt incluse [8] metalele spectral pure și izotopic pure (clasa 0) s-au realizat gravimetric materiale de referință certificate, denumite spectrometrice, de tipul:

- monoelement, care conțin: Cu, Mg, Fe, Ni, Zn, Cd, Pb etc. din fiecare element chimic având concentrația masică de $(1{,}000 \pm 0{,}002)$ g/L și, respectiv, cu concentrația molară M mol/L (exprimarea în concentrație molară se face ținând cont de valoarea masei atomice și moleculare considerate ca fiind date de referință IUPAC [5]).
- multielement, conținând 18 elemente chimice, și anume: Al, Ag, Ca, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Zn, cu concentrația de $(1{,}000 \pm 0{,}002)$ g/L, și, respectiv, M moli/L pentru fiecare element chimic;
- multielement, pentru poluanți metalici în matrice apoasă, care conțin: Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, cu concentrația cuprinsă între (25... 150) mg/L, și, respectiv, între (0,125 ... 15) mg/L;
- multielement matrice tip aliaj metalic care conțin: Mn, Cu, Ni, Cr, cu concentrația cuprinsă între (0,450 ... 0,030)%.

Aceste tipuri reprezentative de materiale de referință spectrometrice fac parte din categoria materialelor de referință anorganice în matrice apoasă și, respectiv, în matrice complexă (vezi fig. 1), deci din cele 5 grupe destinate realizării schemelor de trasabilitate acceptate internațional [9], iar intervalele de concentrație menționate acoperă gama de măsurare frecvent întâlnită în practica analitică.

Algoritmul de stabilire a trasabilității acestor tipuri reprezentative de materiale de referință spectrometrice și a măsurărilor analitice în care sunt implicate ca etaloane, și, în consecință, evaluarea incertitudinii de măsurare la fiecare nivel din lanțul de trasabilitate, prezentat în fig. 3, poate suferi modificări, funcție de concentrație elementelor chimice conținute și mijloacele de măsurare utilizate la măsurare.

Concentrația c și incertitudinea de preparare u_{MRC} (fig. 3) ține seama de puritatea materialului de referință primar asigurată de producător sau stabilită prin măsurare, incertitudinea de măsurare a masei acestuia și incertitudinea de măsurare a volumului final de soluție, conform relației:

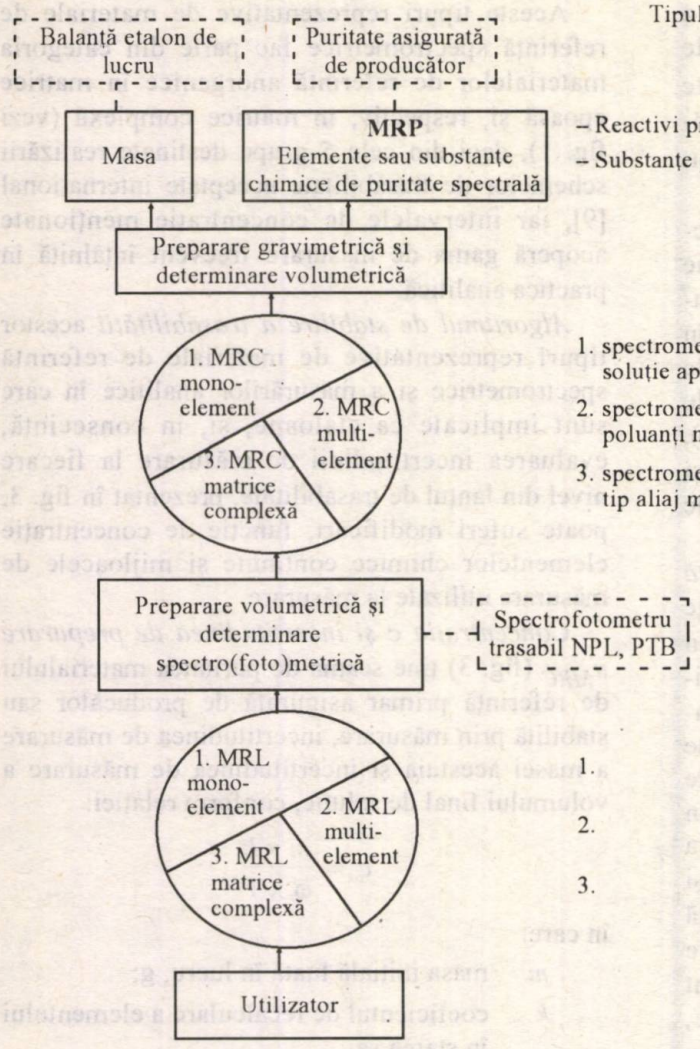
$$c = \frac{m \times k}{\omega \times V}$$

în care:

- m masa inițială luată în lucru, g;
- k coeficientul de recalculare a elementului în starea sa;
- ω concentrația materialului inițial;
- V volumul final al soluției, L.

Valoarea concentrației materialelor de referință astfel preparată nu poate fi considerată valoare certificată, deoarece producerea materialelor de referință în sistemul de asigurare a calității impune ca fiecare etapă din lanțul de trasabilitate să fie verificată prin măsurare. De aceea, s-au efectuat măsurări de control prin metoda spectrofotometrică de absorbție (moleculară și atomică) și de emisie în plasmă, s-a evaluat incertitudinea standard de măsurare a concentrației prin evaluarea incertitudinilor parțiale, având în vedere aspectele prezentate în continuare.

Estimarea incertitudinii de măsurare într-un sistem analitic, ca activitate de bază a metrologiei, așa cum s-a arătat în [4], este dificilă deoarece nu sunt cunoscute toate informațiile referitoare la prelevarea eșantionului, erori datorate operațiilor preliminare măsurării, calibrări necesare, nerapor-



Tipul MR	Intervalul de concentrație	Incertitudinea de preparare cu mijloace etalonate cl.1	cl.2
– Reactivi primari	$\omega > 99{,}99\%$		
– Substanțe pure	$\omega > 95\%$		

$$u_{MRC} = \sqrt{u_m^2 + u_v^2 + u_\omega^2}$$

1. spectrometric în soluție apoasă	1000mg/L (M mol /L)	0,1%	0,2%
2. spectrometric pentru poluanți metalici	(25...150)mg/L (M/25...M/150)mol/L	0,1%	0,2%
3. spectrometric matrice tip aliaj metalic:	(0,450...0,030)%	(0,008...0,003)%	

$$u_{MRL} = \sqrt{u_{MRC}^2 + u_{\text{volum biureta}}^2 + u_{\text{volum balon cotat}}^2}$$

1.	(1...10) mg/L (M/1000...M/100) mol/L	0,3%	0,5%
2.	(0,125...15) mg/L (M/200...M/10) mol/L	0,5%	0,8%
3.	(1,5...3,5) mg/L	0,3%	0,5%

Fig. 3

tarea adecvată a datelor referitoare la eșantionul macroscopic etc.

Pentru un sistem spectrometric de măsurare, prezentat schematic în fig. 4, incertitudinea de măsurare este compusă din incertitudinea de prelevare a eșantionului u_E, incertitudinea metodei de măsurare u_M, incertitudinea mijlocului de măsurare u_A, incertitudinea calibrării sistemului de măsurare u_{CAL}, precum și incertitudinea datorată prelucrării datelor u_D:

$$u = k\left[u_E^2 + u_M^2 + u_A^2 + u_{CAL}^2 + u_D^2\right]^{1/2}$$

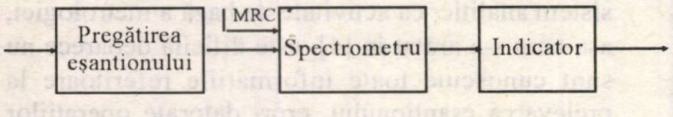


Fig. 4

Metoda spectrofotometrică de absorbție moleculară a fost studiată și experimentată din punct de vedere al exactității de măsurare, luând în considerare relația de calcul a concentrației funcție de absorbanța măsurată (valoarea coeficientului molar de absorbție a fost luată ca valoare de referință din literatura de specialitate):

$$c = \frac{A \times M \times f \times V}{\varepsilon \times l}, \qquad \text{mol/L}$$

în care:

- A absorbanță măsurată;
- M masa molară;
- f factorul de diluție;
- V volumul final al soluției, L;
- ε coeficientul molar de absorbție, L/mol × cm;
- l grosimea cuvei, cm.

În conformitate cu legea de propagare a incertitudinii:

$$u^2(c) = \left(\frac{\partial c}{\partial A}\right)^2 \times u^2(A) + \left(\frac{\partial c}{\partial V}\right)^2 \times u^2(V) + \left(\frac{\partial c}{\partial l}\right)^2 \times u^2(l)$$

se determină incertitudinea standard combinată de măsurare a concentrației, cu relația (în care k = M×f/ε):

$$u^2(c) = k^2 \left[V^2 \times u^2(A) + A^2 \times u^2(V) + \frac{A^2 \times V^2}{l^2} \times u^2(l) \right]$$

Cauza principală care afectează exactitatea măsurării de concentrație este incertitudinea măsurării absorbanței, influențată de eroarea metodei u_M, și de următorii factori:

- erori instrumentale (liniaritate fotometrică, monocromaticitatea lungimii de undă, efectul fantei monocromatorului u_f, calibrarea lungimii de undă u_λ, procentul de lumină parazită u_{LP}, nivelul zgomotului u_N etc.);
- erori datorate condițiilor experimentale (temperatura u_{Temp}, presiunea, natura solventului, schimbarea indicelui de refracție, calitatea spectrală a cuvelor etc.);
- erori datorate deviațiilor chimice de la legea Lambert-Beer.

Ca urmare, s-a evaluat incertitudinea standard combinată de măsurare a absorbanței, și/sau prin estimarea experimentală a incertitudinilor parțiale datorate acestor surse de eroare și/sau din date cunoscute apriori, cu relația:

$$u^2(A) = u_M^2 + u_{LP}^2 + u_N^2 + u_{Temp}^2 + u_\lambda^2 + u_f^2$$

Pentru a valida acest algoritm de atribuire a incertitudinii materialelor de referință sunt prezentate câteva rezultate experimentale obținute prin metoda spectrofotometrică de absorbție moleculară (tabelul 1), atomică și cu emisie în plasmă (tabelul 2), măsuri efectuate asupra materialelor de referință monoelement și multielement în matrice apoasă, având concentrația cuprinsă în intervalul (0,1...15) mg/L. Din măsurările experimentale efectuate [10] se concluzionează că între rezultatele obținute prin aceste metode analitice există o bună concordanță, și se apreciază disponibilitatea acestei abordări în asigurarea trasabilității materialelor de referință și, respectiv, a măsurărilor analitice din domeniul spectro(foto)metriei, întrucât mijloacele de măsurare și etaloanele spectrofotometrice din dotare și, respectiv, realizate, sunt satisfăcătoare pentru acest scop.

Materialele de referință sunt folosite pentru etalonarea mijloacelor de măsurare spectro(foto)-metrice, [4], adică pentru stabilirea dependenței liniare dintre valoarea concentrației x și valoarea

Tabelul 1

Concentrație mg/L	A	u(c) mg/L
2	0,108	0,016
4	0,215	0,017
6	0,323	0,017
8	0,423	0,018
10	0,541	0,018

λ = 440 nm
$\varepsilon = 16 \times 10^3$ L/mol × cm
$u(V) = 0{,}8 \times 10^{-3}$ L
$u(l)$ = 0,001 cm
M = 63,54 g/mol

Tabelul 2

PROBA	CUPRU mg/L		CADMIU mg/L		MANGAN mg/L		ZINC mg/L	
15.01/1	0,5	0,50 ± 0,02	0,125	0,120 ± 0,087	0,25	0,250 ± 0,038	0,125	0,087 ± 0,051
15.01/2	2,0	1,970 ± 0,017	0,50	0,565 ± 0,068	1,0	0,920 ± 0,040	0,5	0,507 ± 0,056
15.01/3	4,0	4,040 ± 0,016	1,0	1,04 ± 0,06	2,0	1,960 ± 0,028	1,0	1,037 ± 0,052
15.01/4	6,0	6,058 ± 0,019	1,5	1,54 ± 0,07	3,0	2,950 ± 0,057	1,5	1,540 ± 0,055
15.01/5	8,0	8,025 ± 0,023	2,0	1,98 ± 0,09	4,0	4,12 ± 0,02	2,0	2,010 ± 0,064
15.01/6	10,0	10,132 ± 0,029	2,5	2,42 ± 0,11	5,0	4,98 ± 0,03	2,5	2,41 ± 0,08

semnalului indicat, respectiv, absorbanța y. Modelul frecvent utilizat și cel mai simplu, este cel liniar:

$$y = a + bx$$

Estimarea parametrilor modelului a și b se face pe baza unui număr finit de perechi (y_i, x_i) din următoarele relații (pentru simplitatea scrierii nu se mai trec indicii):

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\Sigma x \times y - n \times \bar{x} \times \bar{y}}{\Sigma x^2 - n \times \bar{x}^2}$$

Estimațiile dispersiei întregii populații a valorilor y, și anume s_y^2, și estimația dispersiei dreptei de regresie s_{y0}^2, sunt:

$$s_y^2 = \frac{\Sigma (y - \bar{y})^2}{n - 2}$$

$$s_{y0}^2 = s_y^2 \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{n(x - \bar{x})}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}$$

Pentru a demonstra trasabilitatea rezultatului măsurării concentrației unei probe necunoscute x măsurată cu un mijloc de măsurare care lucrează pe baza dreptei de etalonare la a cărei realizare s-au folosit N materiale de referință certificate, trebuie să arătăm că valoarea măsurată se racordează la valoarea etalonului, ce o anumită incertitudinea de măsurare:

Pentru aceasta, se consideră ecuația dreptei de regresie: $\overline{x_{1,2}} = \bar{x} + \frac{\hat{y} - \bar{y}}{b}$

în care:

$\hat{y}$ valoarea de ieșire a absorbanței;

$\bar{y}$ valoarea medie a absorbției din dreapta de etalonare;

$\bar{x}$ valoarea concentrației materialelor de referință (pentru simplitatea demonstrației se consideră $\bar{x}$ – constantă, mărimile $\overline{x_{1,2}}$, $\bar{y}$ și b sunt variabile aleatoare independente, estimațiile dispersiilor lui a, b și y se pot determina ca mai sus).

Legea de propagare a incertitudinii:

$$u^2\left(\overline{x_{1,2}}\right) = \left(\frac{\partial \overline{x_{1,2}}}{\partial \hat{y}}\right)^2 \times u^2(\hat{y}) + \left(\frac{\partial \overline{x_{1,2}}}{\partial \bar{y}}\right)^2 \times u^2(\bar{y}) + \left(\frac{\partial \overline{x_{1,2}}}{\partial b}\right)^2 \times u^2(b)$$

înlocuind, se obține expresia incertitudinii standard combinate a concentrației probei $u^2\left(\overline{x_{1,2}}\right)$:

$$u^2\left(\overline{x_{1,2}}\right) = \frac{s_y}{b}\sqrt{\frac{1}{N} + \frac{1}{n} + \frac{\left(\hat{y} - \bar{y}\right)^2}{b^2\left(x_i - \bar{x}\right)^2}}$$

Concentrația problei necunoscute se determină pe baza dreptei de etalonare, la un nivel de încredere P specificat și cu un coeficient de acoperire t:

$$\overline{x_{1,2}} = \frac{\hat{y} - a}{b} \pm \frac{s_y \times t}{b}\sqrt{\frac{1}{N} + \frac{1}{n} + \frac{\left(\hat{y} - \bar{y}\right)^2}{b^2\left(x_i - \bar{x}\right)^2}}$$

în care:

a și b parametrii dreptei de etalonare;

$\hat{y}$ valoarea mărimii de ieșire;

$\bar{y}$ valoarea medie a mărimii de ieșire din dreapta de etalonare;

s_y estimația dispersiei reziduale datorată dreptei de etalonare;

t valoarea coeficientului de acoperire (de amplificare Student);

N numărul de materiale de referință utilizate la trasarea dreptei de etalonare;

n numărul de măsurări repetate efectuate;

$\bar{x}$ valoarea medie a valorilor x_i care reprezintă concentrația materialelor de referință folosite la trasarea dreptei de etalonare.

Abordând în această manieră asigurarea trasabilității măsurărilor analitice, modalitatea disponibilă oricărui utilizator de aparatură spectro-(foto)metrică, trasabilitatea din acest domeniu se rezumă la trasabilitatea materialelor de referință utilizate la etalonarea mijloacelor de măsurare utilizate la măsurare.

Incertitudinea rezultatelor analitice poate fi optimizată, obținându-se un minim al acesteia, funcție de numărul de măsurări repetate n efectuat, de numărul de materiale de referință certificate utilizate la trasarea dreptei de etalonare N, de sensibilitatea mijlocului de măsurare utilizat exprimată prin panta dreptei, respectiv parametrul

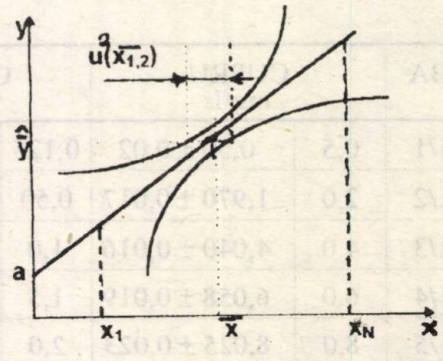


Fig. 5

b, precum şi de micşorarea pe cât posibil a diferenţei ($\hat{y} - \bar{y}$), adică utilizarea dreptei de etalonare în jurul valorii lui $\bar{y}$. Ilustrarea grafică a acestor aspecte este prezentată în fig. 5

În această manieră s-a abordat trasabilitatea materialelor de referinţă şi a măsurărilor din protecţia mediului [10] şi [11], a materialelor de referinţă matrice feroasă sub formă dispersă etc. Validarea rezultatelor obţinute, prezentate în tabelul 3 utilizând un MRC-NIST Carbon Steel 14g, confirmă veridicitatea şi accesibilitatea acestei modalităţi de abordare a trasabilităţii măsurărilor din domeniului spectro(foto)metriei:

Trebuie menţionat că, incertitudinea de măsurare pentru un sistem analitic spectro(foto)metric descris în cadrul acestei lucrări, trebuie să ţină seama nu numai de procedura utilizată la etalonare, ci şi de repetabilitatea şi reproductibilitatea ei precum şi a sistemului de măsurare.

Având în vedere complexitatea, varietatea şi importanţa problemelor referitoare la trasabilitatea materialelor de referinţă de concentraţie (molară şi masică) şi a măsurărilor analitice chimice, se apreciază necesitatea aprofundării unor aspecte deja menţionate aici, legate de studierea sistematică a metodelor de referinţă spectro(foto)metrice în vederea îmbunătăţirii incertitudinii de măsurare.

Tabelul 3

Element chimic	Valoare certificată, %	Incertitudine, %	Valoare medie măsurată, %	Diferenţa absolută, %	Diferenţa relativă, %
Mn	0,456	0,008	0,454	0,002	0,400
Cu	0,047	0,003	0,0450	0,002	4,255
Ni	0,030	0,003	0,0315	0,0015	5,010
Cr	0,081	0,004	0,0835	0,0025	3,086

BIBLIOGRAFIE

[1] *** Comité International des Poids et Measures, Procês Verbaux de la 79e., 80e, 81e et 82e session, Tome 58, 59, 60, 61, 1990–1993;

[2] Bureau International des Poids et Measures, Comité Consultatif pour la Quantité de Matière, 1re session, 1995;

[3] Duţă S., Botgros C., Rolul şi utilizarea materialelor de referinţă de concentraţie în sistemele de măsurare, Metrologie, vol. 42, nr. 2/1995, 58–61;

[4] Duţă S., Buzoianu M., Botgros C., Preocupări ale INM în legătură cu materialele de referinţă de concentraţie, Metrologie, vol. 43, nr. 1/1996, 7–12;

[5] P. de Bièvre, Traceability of Measurements to SI: How Does it Lead to Traceability of Quantitative Chemical Measurements?, IRMM, European Commission, Belgium, 1995;

[6] P. de Bièvre, R. Kaarls, H. S. Peiser, S.D. Rasberry, W. P. Reed, Measurement Principles for Traceability in Chemical Analysis, 1996;

[7] Buzoianu M., Duţă S., Botgros C., Cerinţe actuale ale trasabilităţii în domeniul materialelor de referinţă, Metrologie, vol. 43, nr. 1/1996, 12–16;

[8] ISO Guide 35: 1989, Certification of Reference Materials. General and Statistical Principles;

[9] ISO Guide 34: 1995, Lignes directrices pour le systeme qualite en production de materiaux de reference;

[10] Duţă S., Metode de caracterizare a materialelor de referinţă folosite în protecţia mediului, 1995;

[11] Duţă S., Materiale de referinţă matriciale utilizate în analizele poluanţilor metalici, Simpozion Internaţional de Ecologie, Sinaia 1995, TMCM nr. 12, Editura Tehnică.

Evaluarea incertitudinii standard de măsurare şi de determinare a constantei celulelor etalon secundar de conductivitate electrolitică

IOAN CÎRNEANU *)

Abstract: *Metrologic characterization of the electrolytic conductivity standard cells consists in evaluating the standard uncertainty associated with their constant* ***k****. The values of the cells constants were determined using primary and secondary standard electrolytic conductivity solutions. The resulots from the secondary standard electrolytic conductivity cells under test indicated that it possible to use them for solutions whose electrolytic conductivity does not exceed 20 000* μ*S/cm.*

Résumé: *La caractérisation métrologique des cellules étalons de conductivité électrolytique réside en l'évaluation de l'incertitude standard attachée aux valeurs de leurs constants* ***k****. Les valeurs des constants des cellules ont été déterminées en utilisant des solutions étalons primaires et secondaires de conductivité électrolytique. Les résultats obtenus avec les cellules de conductivité électrolytique étudiées ont mis en évidence qui'il est possible de les utiliser pour des solutions avec une conductivité électrolytique de maximum 20 000* μ*S/cm.*

INM are atribuţia caracterizării metrologice a etaloanelor primare, secundare şi de referinţă din dotare, în scopul realizării trasabilităţii acestora la etaloane internaţionale/naţionale, după caz.

Conform Instrucţiunii de Metrologie Legală IML 1-95 publicată în Monitorul Oficial al României, "transmiterea unităţilor de măsură se realzează prin operaţiuni tehnice de etalonare sau verificare metrologică a mijloacelor de măsurare, având ca referinţă etaloane, atestate ca atare, din Sistemul Naţional de Etaloane, în vederea asigurării uniformităţii şi trasabilităţii rezultatelor măsurărilor".

Operaţia de caracterizare metrologică a celulelor etalon de conductivitate electrolitică constă, în esenţă, în evaluarea incertitudinii standard a valorilor atribuite constantei k a lor.

1 Metoda de etalonare a celulelor de conductivitate

1.1 *Generalităţi*

Conductivitatea electrolitică χ, în S/m, este definită [1] ; [7] de formula:

$$\chi = J/E$$

unde:

J densitatea de curent electric, A/m^2

E intensitatea câmpului electric, V/m

Întrucât valorile celor două mărimi sunt dificil de determinat [1], măsurarea conductivităţii electrolitice este făcută prin comparare cu un electrolit etalon a cărui conductivitate electrolitică este cunoscută.

Plecând de la conductivitatea electrolitică a soluţiei etalon, χ, S/m, şi de la rezistenţa electrică R, în Ω, măsurată între electrozii celulei de conductivitate, se determină constanta k , în m^{-1}, a celulei după formula:

$$k = \chi \times R$$

sau

$$k = \chi / G$$

unde G este conductanţa, care se exprimă, în SI, în unitatea siemens, S.

1.2 *Soluţii etalon primar şi secundar de conductivitate electrolitică*

Conform Recomandării Internaţionale nr. 56 se utilizează ca etaloane primare de conductivitate electrolitică soluţiile de clorură de potasiu prezentate în tabelul de mai jos, pentru trei temperaturi, în °C, valorile conductivităţii fiind exprimate în μS/cm.

*) Institutul Naţional de Metrologie, şos. Vitan-Bârzeşti nr. 11, sector 4, Bucureşti.

µS/cm

masa de KCl g/1000g sol	0° C	18° C	25° C
71,1352	65140	97810	111310
7,41913	7134	11163	12852
0,745263	773,3	1220,1	1408,3

Sunt recomandate, totodată, şi soluţiile etalon secundar, cunoscânduse conductivitatea electrolitică pentru temperatura de 25° C:

Masa de KCl g/1000g sol	Conductivitatea, µS/cm
0,37329	718,2
0,14932	291,6
0,07466	146,9

1.3 *Etaloane, mijloace de măsurare auxiliare, dispozitive auxiliare de măsurare şi materiale utilizate:*

- soluţii etalon primar de conductivitate electrolitică preparate conform [1];
- soluţii etalon secundar de conductivitate electrolitică cu valoarea conductivităţii de 291,6 µS/cm, 718,2 µS/cm;
- balanţă etalon secundar ord .III;
- mase etalon secundar ord. III;
- termometre din sticlă cu mercur, cu valoarea diviziunii de 0,01° C;
- punte RLC tesla tip BM 595;
- apă demineralizată cu conductivitate electrolitică < 1 µS;
- termostat U10 nr. 22904;
- criostat MK 70;
- sticlărie de laborator.

1.4 *Condiţii de etalonare*

- temperatura mediului ambiant: (25 ± 2)° C;
- temperatura de termostatare: (18,00 ± 0,01)° C; (25,00 ± 0,01)° C;
- frecvenţa: 1000 ± 2 Hz;
- umiditatea relativă a aerului: (65 ± 15) %
- presiunea atmosferică: (101325 ± 1000) Pa.

S-au făcut determinări utilizând 5 celule de conductivitate electrolitică cu electrozi plan paraleli din patină platinată dintre care 4 sunt de fabricaţie WTE Germania şi una este realizată de INM.

Cele 5 celule sunt notate, în continuare, astfel:

$C1$ = celula WTW1
$C2$ = celula WTW 2
$C3$ = celula WTW 3
$C4$ = celula WTW 4
$C5$ = celula INMB NR. 11-96

Sunt utilizate, de asemenea, următoarele simboluri:

$\overline{C}$ valoarea medie a conductanţei, µS;

$\overline{k} = \sum k_i / n = S_i / \overline{C}$, cm^{-1}

n numărul de determinări;

t temperatura de lucru, °C.

t = 25° C	t = 18° C
S_1 = 291,6 µS/cm	–
S_2 = 718,6 µS/cm	–
S_3 = 1408,3 µS/cm	1220,1 µS/cm
S_4 = 12852 µS/cm	11163 µS/cm
S_5 = 11131 µS/cm	97810 µS/cm

s abaterea standard experimentală [5]

t coeficient de amplificare

2 Determinarea constantei celulelor de conductivitate electrolitică

Constanta k, cm^{-1}, a unei celule de conductivitate electrolitică se determină pentru cel puţin trei soluţii etalon de conductivitate electrolitică.

Sau făcut determinări de conductanţă pentru cinci soluţii etalon de conductivitate electrolitică definite conform [1]. Din analiza datelor experimentale rezultă că valorile constantelor celulelor de conductivitate electrolitică pentru soluţia S_5 au o abatere mai mare de 0,2 cm^{-1}, faţă de valorile medii ale constantelor obţinute pentru soluţiile (S_1....S_4).

Concluzia care rezultă este aceea că acest tip constructiv de celulă de conductivitate electrolitică, nu este indicat pentru valori mari ale acestei mărimi. Rezultatele obţinute la etalonarea celor 5 celule de conductivitate electronică sunt utilizabile pentru soluţii a căror conductivitate electronică nu depăşeşte 20 000 µS/cm.

Pentru soluţii a căror conductivitate electrolitică este mai mare de 20 mS/cm se recomandă

folosirea celulelor de conductivitate electrolitică cu constanta cuprinsă în intervalul (4 ... 100) cm^{-1}.

Sunt prezentate, în tabelul A, valorile constantelor celulelor de conductivitate electrolitică, care au fost calculate pentru soluțiile etalon de conductivitate electrolitică (S_1....S_4) pe baza determinărilor efectuate la temperaturile de (18,00 ± 0,01)° C și, respectiv, (25,00 ± 0,01)° C.

Tabelul A

Nr. crt.	C1	C2	C3	C4	C5
1	0,902	0,874	0,948	0,957	1,009
2	0,904	0,876	0,948	0,957	1,009
3	0,902	0,876	0,951	0,954	1,006
4	0,908	0,875	0,945	0,958	1,013
5	0,897	0,882	0,950	0,950	1,010
6	0,894	0,880	0,947	0,956	1,010
$\bar{k}$	0,901	0,877	0,948	0,955	1,010

3 Evaluarea incertitudinii de măsurare a constantei

Definiția dată termenului de "incertitudine de măsurare", conform [8] , și actualului "Vocabular internațional de termeni fundamentali și generali în metrologie" [3], este "parametru asociat cu rezultatul măsurării, care caracterizează intervalul valorilor ce pot fi atribuite în mod rezonabil măsurandului". Pentru evaluarea acestui parametru este necesar să se determine incertitudinea de tip A, incertitudinea de tip B și incertitudinea compusă.

3.1 *Evaluarea incertitudinii standard de tip A*

Incertitudinea standard de tip A este definită de relația:

$$u_A = s/\sqrt{n}$$

Pe baza datelor din tabelul A sunt prezentate, în tabelul B, valorile calculate ale lui s și u_A, pentru fiecare celulă de conductivitate electrolitică etalonată, s fiind abaterea standard a valorilor individuale ale constantei, iar n fiind numărul de măsurări.

Tabelul B

	C1	C2	C3	C4	C5
$s \times 10^{-3}$	5	3	2	3	2
$u_A \times 10^{-3}$	2,0	1,2	0,8	1,2	0,8

3.2 *Evaluarea incertitudinii standard de tip B*

Pentru convenientă, notăm u_B incertitudinea standard de tip B. Estimarea incertitudinii standard de tip B se face prin analiza științifică bazată pe toate informațiile de care se dispune asupra posibilei variabilități a mărimii care se măsoară.

În cazul etalonării celulelor de conductivitate electrolitică supuse studiului s-au avut în vedere următorii factori de influență:

– variația conductivității electrolitice a soluțiilor etalon, față de valorile specificate în OIML RI 56, care determină incertitudinea de măsurare u_1:

$$u_1 = 0{,}005\ \%$$

conform Certificatului de etalonare (CE) nr. 7.01/026-96

– variația temperaturii de termostatare a soluțiilor etalon de conductivitate electrolitică, care determină incertitudinea de măsurare u_2:

$$u_2 = 0{,}02\ \%$$

Soluțiile de clorură de potasiu (KCI) utilizate suferă o variație a conductivității electrolitice de max. 2% / °C [1], [4] .

O variație de 0,01 °C a temperaturii de termostatare determină o variație de maximum 0,02 % a conductivității electrolitice.

– influența apei utilizate pentru prepararea soluțiilor etalon asupra conductivității electrolitice a acestora, care determina o incertitudine de măsurare, u_3.

$$u_3 = 0{,}2\ \%$$

Valoarea conductivității electrolitice a apei utilizate la prepararea soluțiilor etalon influențează puternic soluțiile etalon de conductivitate de valori cuprinse în intervalul (300 ... 700) μS/cm.

– incertitudinea de măsurare u_4 a conductanței cu puntea RLC:

$$u_4 = 0{,}02\ \%,$$

conform CE nr. 4.03/025-95

Incertitudinea standard de tip B se calculează pe baza formulei:

$$u_B = (u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2)^{1/2}$$

conform căreia, făcând înlocuirile lui $u_{i(i\,=\,1,2,3,4)}$ cu valorile specificate mai sus, se obține:

$$u_B = 0{,}2\ \%$$

Variația de 0,2 % a valorii conductivității electrolitice induce o variație a constantei celulei

etalon de conductivitate de max. 3×10^{-3} cm^{-1}; deci:

$$u_B = 0{,}003 \text{ cm}^{-1}$$

3.3 *Determinarea incertitudinii standard compuse*

Se apreciază că factorii de influenţă sunt necorelaţi, în care situaţie, calculul incertitudinii standard compuse, u_c, se face cu relaţia:

$$u_c = (u_A^2 + u_B^2)^{1/2}$$

Făcând înlocuirile cu valorile numerice corespunzătoare rezultă;

$$u_{C1} = 3{,}6 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$$
$$u_{C2} = 3{,}2 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$$
$$u_{C3} = 3{,}2 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$$
$$u_{C4} = 3{,}2 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$$
$$u_{C5} = 3{,}1 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$$

3.4 *Determinarea incertitudinii globale*

Incertitudinea extinsă, U, denumită în [5], [6], incertitudine extinsă, este calculată după formula:

$$U = k \times u_C$$

unde k este factor de acoperire a cărui valoare, pentru nivelul de încredere $P = 0{,}95$ este 2.

Rezultă, în această situaţie, pentru "U" următoarele valori:

	$C1$	$C2$	$C3$	$C4$	$C5$
$U\,10^{-3}$	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6

4 Concluzii

Constantele celulelor etalon secundar de conductivitate electrolitică au fost obţinute utilizând soluţiile etalon primar/secundar definite în [1].

Rezultatele obţinute au evidenţiat posibilitatea stabilirii constantei celulelor de conductvitate pentru soluţii având conductivitatea electrolitică de max. 20 000 μS/cm.

Pentru valori mai mari ale conductivităţii electrolitice a soluţiilor se recomandă utilizarea unor celule cu constanta cuprinsă în intervalul (4...100) cm^{-1}.

Valorile u_A, u_B, u_C, şi U sunt prezentate în tabelul următor:

	$C1$	$C2$	$C3$	$C4$	$C5$
k	0,90	0,88	0,95	0,95	1,01
$u_A\,10^{-3}$	2,0	0,8	1,2	1,2	0,8
$u_B\,10^{-3}$	3				
$u_C\,10^{-3}$	3,6	3,1	3,2	3,2	3,1
$U\,10^{-3}$	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6

Incertitudinea de măsurare globală maximă a constantei celor 5 celule de conductivitate electrolitică studiate nu depăşeşte 0,01 cm^{-1}.

Deoarece stabilitatea constantei celulelor de conductivitate electrolitică este direct influenţată de stabilitatea suprafeţei active a acestora care, la rândul ei, depinde de aderenţa stratului de negru de platină depus pe suprafaţa celulei, strat care, din diverse motive (natura sărurilor dizolvate, temperatura de lucru, şocuri mecanice, vibraţii etc.) suferă modificări ale suprafeţei, se impune urmărirea în timp şi etalonarea periodică a celulelor etalon de conductivitate electrolitică, operaţie ce se realizează în ţara noastră de către INM, în vederea asigurării trasabilităţii măsurărilor la etaloane internaţionale/naţionale.

Posibilitatea realizării unui vibrometru mecanic seismic, folosind traductorul Hall

AVRAM HELER *)

Abstract: *The paper discusses the possibility to develop a mechanical vibrometer using the Hall transducer. The Hall transducer developed by the author using a romanian Hall probe and a Siemens probe is presented and the experimental results are discussed. The schematic of the seismic mechanical vibrometer is also presented. The facility of remote operation (based on the fact that the Hall voltage can be easily amplified) is emphasized.*

Résumé: *L'article présente la possibilité de réalisation d'un vibromètre sismique mécanique en utilisant le capteur Hall. On présente le capteur Hall construit par l'auteur en utilisant une tête de mesure Hall produite en Roumanie et une tête de mesure Hall produite par Siemens et on discute les résultats expérimentaux obtenus. On présente aussi la schéma du vibromètre sismique mécanique. On souligne la possibilité d'opérer l'instrument à distance basée sur l'amplification facile du tension Hall.*

1 Traductorul Hall de deplasare liniară

Multiplicatorul Hall este cunoscut în literatura de specialitate, el fiind tratat în detaliu și de autor cu ocazia altor lucrări publicate [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 și 8]. Schema electrică a unui multiplicator Hall este reprezentată în fig. 1. Așa-numitul circuit de excitație, parcurs de curentul I_B, asigură în întrefierul unui circuit magnetic un câmp magnetic de inducție $\bar{B}$. Sonda Hall (*SH*), are un circuit de comandă, parcurs de curentul I_c și un circuit Hall în care se obține așa-numita tensiune Hall U_H. Tensiunea U_H, măsurată de mV (cu $R_v >>$), are expresia [1] cunoscută:

$$U_H = K_H I_c B \tag{1}$$

unde:

- K_H sensibilitatea în sarcină a multiplicatorului Hall, în V/AT;
- B inducția magnetică, în care se află *SH* și care este perpendiculară pe suprafața sondei, în T;
- I_c curentul de comandă, în A.

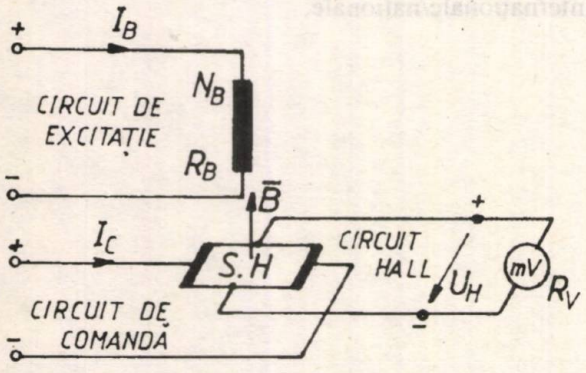


Fig. 1. Schema electrică a multiplicatorului Hall

Din expresia tensiunii Hall (rel. 1), rezultă caracterul de multiplicator, U_H fiind proporțională cu produsul a două mărimi, I_c și B.

Multiplicatorul Hall, prezentat mai sus, se poate utiliza ca traductor de mărimi neelectrice, dacă una din cele două mărimi, I_c sau B, este menținută constantă, iar cealaltă devine proporțională cu mărimea neelectrică de măsurat. Astfel, dacă B este o funcție liniară de deplasare y, adică $B = K_B y$ iar curentul de comandă I_c (curent continuu) este menținut constant, atunci U_H se scrie:

$$U_H = K_H I_c K_B y = Ky \tag{2}$$

unde K este sensibilitatea în sarcină a traductorului Hall, în V/mm.

Din relația 2 rezultă caracterul de traductor Hall, care transformă o deplasare liniară y, într-o tensiune electrică U_H, ce poate fi măsurată sau înregistrată, folosind aparatură corespunzătoare.

Circuite magnetice, care să asigure o dependență liniară între U_H și deplasarea liniară y a sondei Hall *SH*, sunt prezentate în literatura de specialitate [9, 10], unele dintre ele fiind realizate și experimentate de autor cu ocazia altor lucrări [2, 3, 4, 5, 6 și 7].

Două asemenea circuite magnetice sunt prezentate în fig. 2 și 3.

*) Universitatea Tehnică Timișoara, Facultatea Electrotehnică.

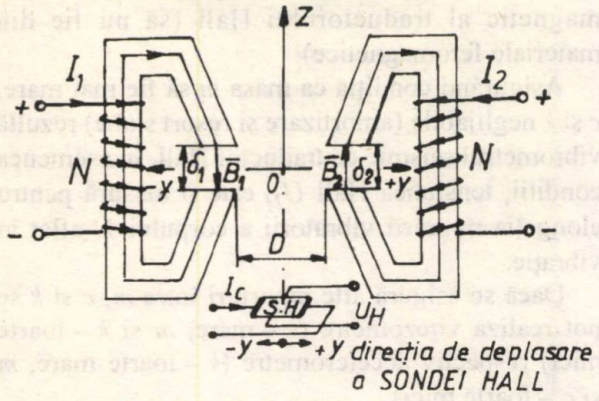


Fig. 2. Schema electrică a traductorului Hall de deplasare liniară

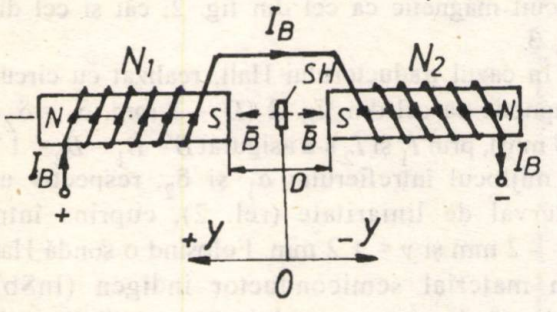


Fig. 3. Schema electrică a traductorului Hall de deplasare liniară

2 Vibrometre mecanice seismice

În [11] vibrometrul este definit ca instrument folosit pentru măsurarea deplasărilor lineare, în cursul unei vibrații (oscilație, în general de frecvență înaltă). Principiul de funcționare a unui vibrometru seismic [11, 12, 13] este prezentat în fig. 4, în care s-a notat:

1 – corp aflat în vibrație, cu elongația x_i (mărime de intrare, $x = x_i$) ;

2 – corpul (carcasa) instrumentului legat rigid de corpul aflat în vibrație (un sistem mecanic de ordinul II) ;

3 – masa seismică, de masă m, care se deplasează cu elongația y (mărime de ieșire, deci $y = x_e$) ;

4 – resort elastic pentru susținerea masei seismice, având constanta elastică k ;

5 – dispozitiv de amortizare, având factorul de amortizare c ;

T – traductor.

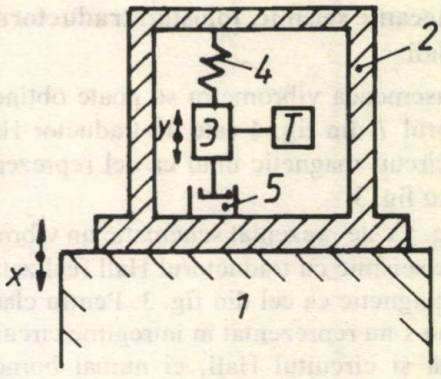


Fig. 4. Principiul de funcționare al vibrometrului seismic

În domeniul timp, ecuația de mișcare a masei seismice este [12]:

$$m\frac{\mathrm{d}y^2}{\mathrm{d}t^2} + c\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} + k\,y = -m\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} \qquad (3)$$

membrul drept reprezentând forța inerțială.

La vibrometrele seismice masa m este mare, iar c și k neglijabile (amortizare și resort slabe). În aceste condiții ecuația 3 devine:

$$\frac{\mathrm{d}y^2}{\mathrm{d}t^2} = -\frac{\mathrm{d}x^2}{\mathrm{d}t^2}\text{, sau } y = -x \qquad (4)$$

deoarece condițiile inițiale sunt nule. Masa m nu urmărește mișcarea carcasei, ci rămâne fixă în spațiu, carcasa deplasându-se față de ea, vibrometrul seismic fiind sensibil la deplasarea x și deci se poate măsura direct elongația mișcării vibratorii a corpului aflat în vibrație.

Pentru alte relații între m, c și k se pot obține:

a) *Vitezometru*, dacă amortizarea este foarte puternică (deci c este mare), iar m și k neglijabile (masă foarte mică și resort slab), ecuația 3 devenind:

$$c\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = -m\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}\text{, sau } y = -\frac{m}{c}\times\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} \qquad (5)$$

Se vede că deplasarea masei este proporțională cu viteza de măsurat, instrumentul fiind sensibil la viteza de deplasare $\mathrm{d}x/\mathrm{d}t$ a carcasei.

b) *Accelerometru*, dacă k este foarte mare (resort foarte rigid), iar m și c neglijabile (masă mică și amortizare slabă), ecuația 3 devenind:

$$k\,y = -m\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}\text{, sau } y = -\frac{m}{k}\times\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} \qquad (6)$$

În aceste condiții, deplasarea masei este proporțională cu acceleratia de măsurat, instrumentul este deci sensibil la acceleratia imprimată carcasei de corpul aflat în vibrație.

3 Posibilitatea realizării unui vibrometru mecanic seismic, folosind traductorul Hall

Un asemenea vibrometru se poate obține dacă traductorul T din fig. 4 este un traductor Hall, ce are ca circuit magnetic unul ca cel reprezentat în fig. 2 sau fig. 3.

În fig. 5 este prezentat schematic un vibrometru mecanic seismic cu traductorul Hall realizat cu un circuit magnetic ca cel din fig. 3. Pentru claritatea figurii nu s-au reprezentat în întregime circuitul de comandă și circuitul Hall, ci numai bornele de acces (I_c curent de comandă și U_H tensiunea Hall).

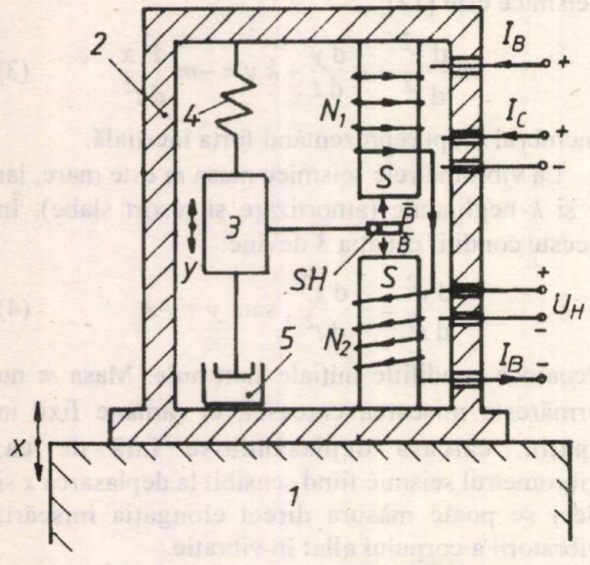


Fig. 5. Schema de principiu a unui vibrometru mecanic seismic cu traductor Hall

Sonda Hall, solidară cu masa seismică 3, de masă m, se va deplasa cu elongația y (mărime de intrare a traductorului Hall). Sonda Hall (plăcuța semiconductoare, circuitul de comandă și circuitul Hall) este foarte ușoară, greutatea sa este neglijabilă față de cea a masei seismice, și deci nu influențează caracteristicile dinamice ale masei m.

Traductorul Hall poate fi realizat și cu un circuit magnetic ca cel din figura 2. Circuitele magnetice ale traductorului Hall, reprezentate în fig. 2 și 3, pot fi realizate și cu magneți permanenți de forme și calități corespunzătoare. În acest caz se elimină sursa de tensiune necesară alimentării circuitului de excitație. Pentru alimentarea circuitului de comandă este suficientă o baterie obișnuită.

O atenție deosebită trebuie acordată naturii materialului din care se confectionează carcasa 2, masa seismică 3 și resortul elastic 4, pentru a nu fi influențate liniile câmpului magnetic din circuitul magnetic al traductorului Hall (să nu fie din materiale feromagnetice).

Asigurând condiția ca masa m să fie mai mare, c și k neglijabile (amortizare și resort slabe) rezultă vibrometrul seismic cu traductor Hall. În asemenea condiții, tensiunea Hall U_H este o măsură pentru elongația mișcării vibratorii a corpului 1, aflat în vibrație.

Dacă se asigură alte raporturi între m, c și k se pot realiza vitezometre (c – mare, m și k – foarte mici) respectiv accelerometre (k – foarte mare, m și c – foarte mici).

4 Rezultate experimentale

Autorul a realizat traductoare Hall, atât cu circuit magnetic ca cel din fig. 2, cât și cel din fig. 3.

În cazul traductorului Hall, realizat cu circuit magnetic ca cel din fig. 2 (D = 3 mm, $\delta_1 = \delta_2$ = 1,5 mm), prin I_1 și I_2 s-a asigurat $B = B_1 = B_2$ = 1 T în mijlocul întrefierului δ_1 și δ_2, respectiv un interval de liniaritate (rel. 2), cuprins între y = – 2 mm și y = + 2 mm. Folosind o sondă Hall din material semiconductor indigen (InSb), realizată de autor, s-a obținut o sensibilitate în sarcină, a traductorului Hall, k = 21,5 mV/mm, iar în cazul unei sonde Hall Siemens FA–24, a rezultat k = 287 mV/mm.

Pentru traductorul Hall, realizat cu un circuit magnetic ca cel din fig. 3, cu $N_1 = N_2$ = 1000 spire, I_B = 5A, D = 12,5 mm, și y = + 3 mm. Utilizând o sondă Hall Siemens SBV – 599, s-a obținut k = 1,6 mV/mm.

5 Concluzii

Realizarea unor asemenea vibrometre mecanice seismice, folosind traductorul Hall, ar constitui o noutate în tehnica măsurării pe cale electrică a unei mărimi neelectrice.

Vibrometrul mecanic seismic, cu traductor Hall, are caracteristici dinamice foarte bune. Asupra sondei Hall nu se manifestă forțe de inerție. Forța necesară deplasării Hall este foarte mică, sonda fiind foarte ușoară, montată direct și rigid de masa seismică m, lipsind orice mecanism de transmitere și amplificare a vibrației.

Asemenea vibrometre pot asigura o telemăsurare și telecomandă corespunzătoare, căci tensiunea Hall U_H poate fi ușor amplificată. Condițiile de amplificare devin și mai bune dacă I_c

este o mărime sinusoidală, iar *B* rămâne constantă în timp, căci în acest caz și tensiunea Hall devine sinusoidală.

Influența temperaturii asupra traductorului Hall poate fi compensată [14].

Intervalul de măsurare se poate ușor modifica prin distanța *D* dintre polii magnetici ai circuitului magnetic.

Precizia măsurărilor depinde de precizia cu care se măsoară tensiunea Hall.

În ceea ce privește sonda Hall, aceasta poate fi obținută de la A. E. M. Timișoara, unde s-au produs teslametre Hall.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Heler, A.* Contribuții teoretice și experimentale privind folosirea efectelor galvanometrice din materiale semiconductoare, la măsurarea puterilor electrice. Teză de doctorat. Institutul Politehnic Timișoara 1966.

[2] *Heler, A., Lăpușan, V.* Măsurarea deplasărilor mici cu ajutorul multiplicatoarelor galvanometrice. În: Metrologia aplicată, vol. XVI, nr. 6–1969, pag. 264–268.

[3] *Heler, A., Daba, D.* Înregistrarea unor vibrații mecanice cu ajutorul traductorului Hall, realizat cu material semiconductor indigen. În: Electrotehnica, nr. 3, martie 1971, pag. 105–108.

[4] *Heler, A.* Posibilitatea măsurării, înregistrării și reglării nivelului la lichide, folosind traductorul Hall. În: Metrologia aplicată, vol. XXV, nr. 4, 1978, p. 187–189.

[5] *Heler, A.* Posibilitatea măsurării debitului cu ajutorul traductoarelor Hall. În: Calitatea producției și metrologie, vol. II (XIX), nr. 4/1972, p. 212–215.

[6] *Heler, A.* Dispozitiv rotametric cu traductor Hall, pentru măsurarea, înregistrarea și reglarea debitelor la lichide. În: Metrologia aplicată, vol. XXVI, nr. 3/1979, pag. 111–114.

[7] *Heler, A.* Dispozitiv cu clopot și traductor Hall pentru măsurarea, înregistrarea și reglarea debitelor la fluide. În: E. E. A. Electrotehnica, anul 28, nr. 6/1980, pag. 258–262.

[8] *Heler, A.* Dispozitiv cu traductor Hall pentru semnalizarea și reglarea nivelelor limită la lichide. În: Buletinul Științific Inst. Pol. Timișoara, 1978.

[9] *Naletz, M. Warsza, Z.* Traductoare cu efect Hall pentru măsurarea deplasărilor mecanice. În: Solid State Electrics, Pergamon Press, 1966, vol. 9, pag. 485–495.

[10] *Vecsi, I.* Traductor bazat pe efect Hall pentru măsurarea deplasărilor. În: Mérés és automatika, XV, 1967, nr. 78, pag. 315–320.

[11] Lexiconul tehnic român, vol. 18, București 1966.

[12] *Ignea, Al.* Măsurări în procese industriale (curs pentru uzul studenților). Universitatea Tehnică – Timișoara – 1994.

[13] *Nicu, C., Diaconescu, Gh., Dodoc, P., Manolescu, A.* Aparate și sisteme de măsurare în construcția de mașini. Ed. Tehnică București, 1980.

[14] *Sora, C.; Heler, A.* Contribuții privind compensarea influenței temperaturii asupra tensiunii Hall. În: Electrotehnica, vol. 14, nr. 2/1966, pag. 447–454.

Utilizarea conversiei mixte Sigma-Delta şi PWM pentru realizarea convertoarelor digital-analogice de mare rezoluţie

Constantin ILIESCU *)
Sorin-Dan GRIGOREŞCU *)
Brânduşa PANTELIMON *)

Abstract: *After a short history of the Sigma-Delta conversion method, the possibility of developing a class of high resolution DA converters using the combined Sigma-Delta and PWM conversion is discussed. The advantages and disadvantages of the method are considered. The block diagram of a direct current DA converter developed by the authors using the combined Sigma-Delta and PWM conversion is presented together with experimental results.*

Résumé: *Après un bref historique de la méthode de conversion Sigma-Delta, on discute la possibilité de réalisation d'une classe de convertisseurs NA en utilisant la conversion mixte Sigma-Delta et PWM. On discute aussi les avantages et les désavantages de la méthode. On présente la schéma bloc d'un convertisseur NA de courant continu réalisé par les auteurs en utilisant la conversion mixte Sigma-Delta et PWM et les resultats expérimentaux.*

Dezvoltarea actuală a circuitelor VLSI a impus pe piaţă tehnici de conversie analog-digitală şi digital-analogică care utilizează în extenso conversia Sigma-Delta şi PWM reducând la minim dimensiunea circuitelor analogice din compunere, deci şi dependenţa legată de imperfecţiunile acestora.

Dacă noţiunea de PWM (Pulse Width Modulator) este larg răspândită astfel încât nu mai necesită nici o explicaţie, cea de conversie Sigma-Delta merită puţină atenţie. Istoric, convertoarele Sigma-Delta au apărut în anii '60, în parte ca o dezvoltare a convertoarelor tensiune-frecvenţă în domeniul aplicaţiilor de curent continuu şi frecvenţe joase, parte ca dezvoltare a convertoarelor Delta din aplicaţiile audio. De aici (poate) şi denumirea mixtă de convertoare "Sigma" (de la sumarea pe integrator specifică conversiei tensiune-frecvenţă) şi "Delta" de la conversia cu acelaşi nume.

Schema bloc a unor astfel de convertoare este ilustrată în fig. 1. Sunt puse în evidenţă principalele blocuri componente: interpolatorul care are rolul de a transforma datele de intrare pe *N* biţi într-un şir codat pe un singur bit, convertorul digital-analogic de un bit care fixează amplitudinea la valoarea referinţei şi filtrul trece jos (FTJ) care filtează semnalul de ieşire de componentele spectrale superioare. Pentru aceste blocuri sunt cunoscute mai multe metode de implementare.

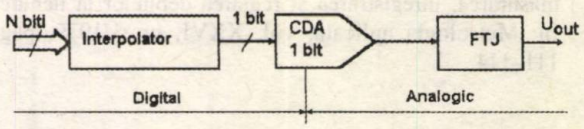


Fig. 1. Schema bloc a convertoarelor digitale analogice cu CDA de 1 bit.

Scopul folosirii combinate a codării Sigma-Delta (S-D) şi PWM la realizarea unui convertor D/A este de a simplifica la maxim schema interpolatorului folosind pe cât se poate avantajele celor două tehnici:

- rezoluţia mare obţinută digital (PWM şi S-D)
- conversie D/A pe un bit (PWM şi S-D)
- număr constant de comutări (PWM)
- filtrare nepretenţioasă (S-D)
- exactitate de ansamblu ridicată (PWM combinat cu S-D)

Problema constă în îmbinarea fericită a tehnicii PWM cu cea Sigma-Delta pentru a păstra numai avantajele, minimizând la maxim influenţa dezavantajelor.

Astfel, structurile celor două secţiuni ale convertorului: secţiunea digitală şi cea analogică

*) Universitatea POLITEHNICA Bucureşti, Splaiul Independenţei 313

au suferit modificări care să permită obținerea unor performanțe de ansamblu cât mai bune.

Interpolatorul (secțiunea digitală)

Două sunt obiectivele ce trebuiesc atinse pentru a valorifica avantajele celor două tehnici:

- scurtarea perioadei alocate PWM pentru ușurarea sarcinii filtrului analogic
- păstrarea pe cât posibil a unui număr constant și cât mai mic de comutări pentru a scădea erorile datorate timpilor de comutare
- compensarea erorilor datorate timpilor de comutare și a celor datorate codurilor ce au un număr de comutări constant.

Pentru atingerea primelor date obiective, se folosește atât codarea PWM cât și cea Sigma-Delta obținându-se structura prezentată în fig. 2.

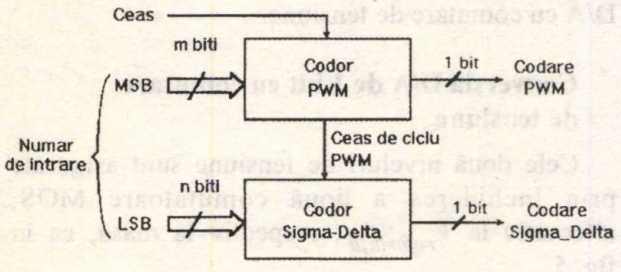


Fig. 2. Schema de principiu a codorului mixt PWM și Sigma-Delta

Primii cei mai semnificativi m biți ai numărului ce urmează a fi convertit sunt codați PWM iar următorii n biți, mai puțin semnificativi, sunt codați Sigma-Delta.

În acest mod de codare un cuvânt cu lungimea 2^{m+n} este codat sub forma a două șiruri de 1 bit: unul codat PWM, iar celălalt Sigma-Delta.

Metoda îndeplinește condiția de minimizare a lungimii codării PWM, deoarece numai m biți sunt codați astfel, perioada respectivă fiind de 2^m în loc de 2^{m+n} cât ar fi fost în cazul unei decodări totale PWM. Astfel, frecvența semnalului la ieșire crește și cerințele impuse filtrului de ieșire scad.

Prin codarea Sigma-Delta a ultimilor n biți se asigură rezoluția cerută cu un număr maxim de 2^{n+1} comutări în loc de 2^{n+m+1} câte ar fi în cazul unei conversii totale Sigma-Delta.

Schema nu îndeplinește însă o condiție importantă, și anume aceea de a avea un singur bit la ieșire pentru a putea folosi un CDA de un bit. Cei doi biți la ieșire ar necesita pentru conversie un CDA de doi biți aplicați într-un raport de $1/2^n$ ceea ce este foarte dezavantajos din punct de vedere al posibilităților de realizare cu un minim de influență datorată componentelor analogice. Soluția este de a combina cele două șiruri de un bit într-un singur șir care să asigure astfel un număr constant de tranziții și să necesite un singur CDA de un bit.

Dacă se analizează structura celor două șiruri codate PWM respectiv Sigma-Delta, cum este prezentată în fig. 3, se observă, cum era de așteptat, că perioada codării PWM este constantă ($T_{PWM} = 2^m T_{CK}$) unde T_{CK} este perioada ceasului sistemului, iar factorul de umplere depinde de numărul M care reprezintă valoarea celor mai semnificativi m biți ai numărului codat.

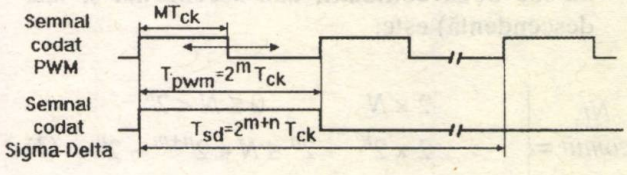


Fig. 3. Semnalul la ieșirea codoarelor PWM și Sigma-Delta din fig. 2.

La fiecare perioadă PWM, conform schemei de principiu din fig. 2, se formează un semnal de ceas pentru codorul Sigma-Delta, astfel încât durata totală a conversiei Sigma-Delta devine:

$$T_{SD} = 2^n \times T_{PWM} = 2^{n+m} \times T_{ck} \qquad (1)$$

Acest lucru îngreunează sarcina filtrării în ceea ce privește timpul de răspuns, dar situația nu este atât de gravă având în vedere că efectul codării Sigma-Delta se simte numai pentru cei mai puțin semnificativi n biți.

Pentru a combina eficient cele două șiruri de semnale trebuie făcută observația că semnalul codat PWM are factorul de umplere maxim:

$$FU_{PWM\ max} = \frac{2^m - 1}{2^m} \qquad (2)$$

În aceste condiții, la începutul unei perioade T_{PWM}, pe o durată egală cu T_{ck} semnalul are totdeauna valoarea de zero logic. Această porțiune poate fi folosită pentru a insera în semnalul PWM semnalul Sigma-Delta deoarece acesta are o pondere egală cu $1/2^m$ din total. Pentru a realiza corect această inserare, impulsurile de 1 logic de ieșirea codorului Sigma-Delta trebuie să aibă lățimea T_{ck}. Cu ajutorul unui circuit SAU logic

cele două semnale sunt sumate logic aşa cum este prezentat în fig. 4.

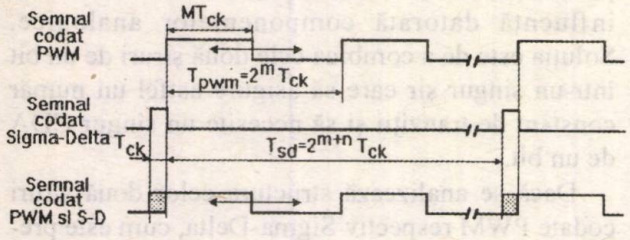


Fig.4. Structura semnalului codat PWM şi Sigma-Delta

Se pot face următoarele comentarii:

- durata unei perioade complete de conversie este $2^{m+n} \times T_{ck}$
- numărul de comutări într-un ciclu (pe un impuls au loc două comutări, una ascendentă şi una descendentă) este:

$$Nr.\ comut = \begin{cases} 2 \times N & 0 \le N < 2^n \\ 2 \times 2^n & 2^n \le N < 2^{n+m} - 2^n \\ 2\times(2^{n+m} - N) & 2^{n+m} - 2^n \le N \le 2^{n+m} - 1 \end{cases} \quad (3)$$

unde N este numărul ce urmează a fi codat.

În primul şi al treilea interval delimitat în (3) se constată dependenţa numărului de comutări de valoarea lui N, dar aceste intervale reprezintă fiecare numai $1/2^m$ din intervalul total. Între aceste două intervale marginale există o zonă în care numărul de comutări este independent de N. Dacă nu trebuie realizat un convertor D/A cu scară completă, ci un convertor unde calitatea conversiei primează faţă de interesul de conversie, se va alege intervalul de variaţie pentru N în intervalul $2^n \le N \le 2^{n+m} - 2^n$.

Perioada de repetiţie a semnalului PWM este $T_{PWM} = 2^m \times T_{ck}$.

Ultimul obiectiv propus este de a compensa eroarea datorată timpilor de comutaţie ai părţii digitale şi analogice.

Comutaţiile implică erori datorate creşterii şi descreşterii finite în timp a impulsului. În intervalul $2^n \le N \le 2^{n+m} - 2^n$ unde numărul de comutări este de 2^n comutări crescătoare şi 2^n comutări descrescătoare se poate face compensarea erorilor datorate timpilor de comutare prin scăderea din semnalul de ieşire (după CDA de 1 bit) a unui semnal care să aibă acelaşi număr de comutări în ambele sensuri şi care să fie convertit analogic prin acelaşi tip de CDA de 1 bit şi semnalul util.

Cum intervalul cu număr constant de comutări începe de la $N \ge 2^n$ ar fi util, pentru a obţine o caracteristică ce trece prin 0 a ansamblului convertor, ca semnalul de scăzut să fie corespunzător valorii $N = 2^n$. Acest semnal poate fi obţinut uşor din schema care realizează codarea PWM.

Convertorul D/A de 1 bit, FTJ
(Secţiunea analogică)

Performanţele ansamblului se obţin pe baza minimizării părţii analogice cu preţul completării secţiunii digitale. Minimum posibil, pentru conversia D/A o reprezintă un convertor de 1 bit.

Toate variantele constructive sunt valabile dar vom analiza cu mai multă atenţie două dintre ele adaptate utilizării în circuite integrate CMOS: convertor D/A cu capacităţi comutate, convertor D/A cu comutare de tensiune.

Conversia D/A de 1 bit cu comutare de tensiune

Cele două niveluri de tensiune sunt asigurate prin închiderea a două comutatoare MOS, alternativ la $V_{referinţă}$, respectiv la masă, ca în fig. 5.

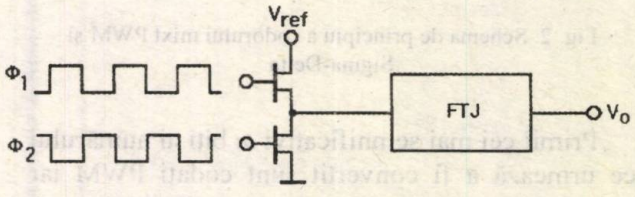


Fig. 5. Convertor D/A de un bit cu comutarea tensiunii

Rolul de a extrage valoarea medie a semnalului îl are un filtru trece-jos, a cărui implementare, pentru maximum de acurateţe în curent continuu, poate fi cascadă de filtre RC trece-jos. Două precauţii sunt necesare: timpii de închidere şi deschidere ar trebui să fie cât mai mici şi egali, impedanţa de intrare a filtrului trece jos trebuie să fie mare pentru ca ieşirea să nu fie afectată de rezistenţa de canal deschis a comutatoarelor electronice.

Schema bloc a convertorului D/A cu interpolare PWM şi Sigma-Delta este prezentată în fig. 6.

Convertorul D/A care a fost realizat după această schemă bloc are 16 biţi (m=n=8 biţi). Primii 8 biţi cei mai semnificativi suferă o interpolare PWM cu ieşire pe un bit. Următorii

8 biţi de informaţie mai puţin semnificativi sunt interpolaţi Sigma-Delta cu rezultatul tot pe un bit. Acest bit este sumar binar cu cel de la ieşirea codării PWM printr-o poartă SAU după ce în prealabil a fost format de un circuit de impuls.

Se poate observa existenţa în schemă a unui circuit de corecţie a offsetului care permite corecţia tensiunii de decalaj, dar şi eliminarea capătului de interval de 256 de biţi unde numărul de comutări nu este constant. Această corecţie asigură o creştere a liniarităţii diferenţiale cu cel puţin un bit, reducând la neglijabil eroarea triunghiulară specifică codorului Sigma-Delta.

Rezultatul determinărilor experimentale este prezentat în fig. 7.

Aşa cum se poate observa, valoarea incertitudinii nu depăşeşte 70 ppm în ceea ce priveşte neliniaritatea integrală, în timp ce neliniaritatea diferenţială nu depăşeşte 8 ppm fără coduri lipsă.

Concluzii

- A fost realizat un CDA de curent continuu ce foloseşte o tehnică mixtă PWM şi Sigma-Delta în scopul obţinerii unui maxim de performanţă cu un număr minim de componente analogice, deci cu un minim de dependenţă de parametrii acestora
- Circuitele logice şi comutatoarele electronice sunt în tehnologie MOS, iar amplificatorul de instrumentaţie are etajul desimetrizor realizat cu capacităţi comutate, ceea ce permite integrarea structurii în tehnologie VLSI
- Amplificatorul de ieşire şi sursa de referinţă pot fi separate de circuitul VLSI pentru creşterea performanţei
- O tehnică specială de offset asigură şi creşterea liniarităţii ansamblului
- Convertorul D/A obţinut are o excelentă liniaritate diferenţială neavând practic coduri lipsă.

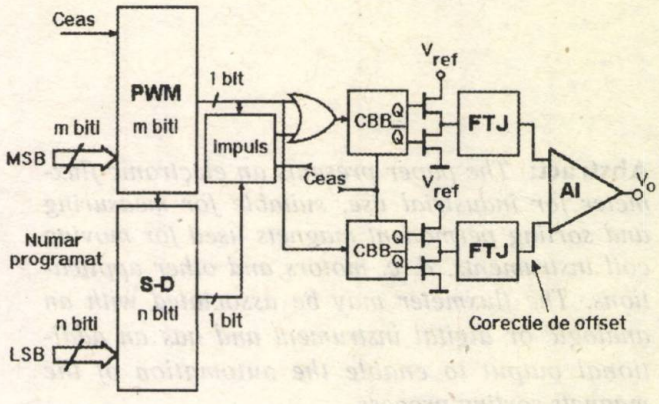


Fig. 6. Schema bloc a CAD cu interpolare PWM şi Sigma-Delta

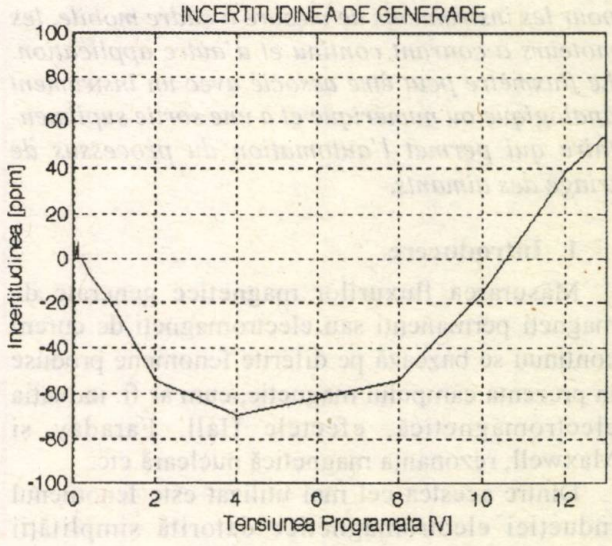


Fig. 7. Incertitudinea de generare a semnalului raportată la capătul de scară

BIBLIOGRAFIE

[1] *H. Inose & Y. Yasuda*, "A unity bit coding method by negative feedback", IEEE proceedings, 51, 1524–1535, 11/1963.

[2] *J. E. Flood M.J. Hawksford*, "Exact model for delta modulation processes", PROC IEE, 118/9, 1155–1161, 09/1971.

[3] *S. J. Park & R.M. Gray*, "Sigma-Delta modulation with neaky integration and constant input", IEEE Information Theory, IT38, 1512–1533, 09/1992.

[4] *W. Chou & R.M. Gray* "Modulo Sigma-Delta modulation", IEEE communications, CAS40, 1388–1395, 08/1992.

FLUXMETRU ELECTRONIC

CONSTANTIN VLAICU *)

Abstract: *The paper presents an electronic fluxmeter for industrial use, suitable for measuring and sorting permanent magnets used for moving coil instruments, d. c. motors and other applications. The fluxmeter may be associated with an analogic or digital instrument and has an additional output to enable the automation of the magnets sorting process.*

Résumé: *L'article présent un fluxmètre éléctronique pour l'industrie, qui est approprié pour mesurer et trier les aimants permanents utilisés pour les instruments de mesure à cadre mobile, les moteurs à courant continu et d'autre application. Le fluxmètre peut être associé avec un instrument analogique ou numérique et a une sortie suplimentaire qui permet l'automation du processus de triage des aimants.*

1 Introducere

Măsurarea fluxurilor magnetice generate de magneţi permanenţi sau electromagneţi de curent continuu se bazează pe diferite fenomene produse în prezenţa câmpului magnetic, cum ar fi: inducţia electromagnetică, efectele Hall, Faraday şi Maxwell, rezonanţa magnetică nucleară etc.

Dintre acestea cel mai utilizat este fenomenul inducţiei electromagnetice datorită simplităţii traductorului şi a metodei de măsurarea. Traductorul este format dintr-o bobină sondă cu N spire, înfăşurate pe o carcasă plată din material izolant sau rigidizate cu răşini.

Deoarece fenomenul de inducţie necesită variaţia fluxului măsurat, în cazul fluxurilor constante generate de magneţi permanenţi, acesta se realizează prin deplasarea sau rotirea bobinei sau a magnetului testat.

Pentru măsurarea variaţiei de flux se utilizează fluxmetre, aparate ce integrează pulsul de curent produs în bobina conectată la aparat de tensiunea indusă. Cele mai cunoscute fluxmetre, utilizate în multe laboratoare sunt cele analogice electromagnetice.

Ele sunt aparate magnetoelectrice, ce lucrează în regim puternic supraamortizat, fără cuplu antagonist (fără resoarte spirale), la care bobina mobilă este conectată prin fire foarte flexibile din aur sau argint. Aducerea la zero sau la un reper dorit al scării se face cu un dispozitiv special, mecanic sau electric, acţionat de operator.

Acest tip de fluxmetru are de regulă o clasă de exactitate de 0,5...1 şi se pretează pentru măsurări în laboratoare, fiind un aparat puţin robust atât din punct de vedere al şocurilor mecanice cât şi al suprasarcinilor electrice.

Pentru uz industrial, la măsurarea şi sortarea magneţilor permanenţi produşi în mare serie, mai ales în cazul sortării automate, acest tip de aparat este total neindicat.

În acest caz este necesar un aparat electronic cu ieşire analogică sau digitală, care să poată fi uşor citit şi cu posibilitatea de a fi cuplat la un sistem automat de sortare, necesară în cazul magneţilor permanenţi, deoarece dispersia de fabricaţie este în general mare.

Pentru un aparat de uz industrial, principalele calităţi ce trebuie urmărite sunt comoditatea utilizării (lectura uşoară a indicaţiilor), obţinerea directă şi rapidă a unei cantităţi cât mai mari de informaţie sub o formă uşor de interpretat, cheltuieli de exploatare şi întreţinere minime, preţ de cost rezonabil, posibilităţi de cuplare la o instalaţie de sortare automată.

2 Principiul fluxmetrului electronic

Pornind de la principiul metodei bazate pe inducţia electromagnetică, ce utilizează ca traductor o bobină sondă, rezultă că fluxmetrul electronic trebuie să realizeze, în principal, integrarea pulsului de curent indus în bobina sondă de variaţia de flux şi aducerea la zero înainte de fiecare măsurare.

Schema funcţională (fig. 1) cuprinde deci un etaj de intrare cu rol de protecţie la suprasarcină şi polaritate inversată (când afişarea nu este bipolară), un integrator cu dispozitiv de aducere la zero, amplificator de tensiune pentru realizarea amplitudinii necesare voltmetrului numeric şi

*) Universitatea "POLITEHNICA" Bucureşti, Splaiul Independenţei nr. 313.

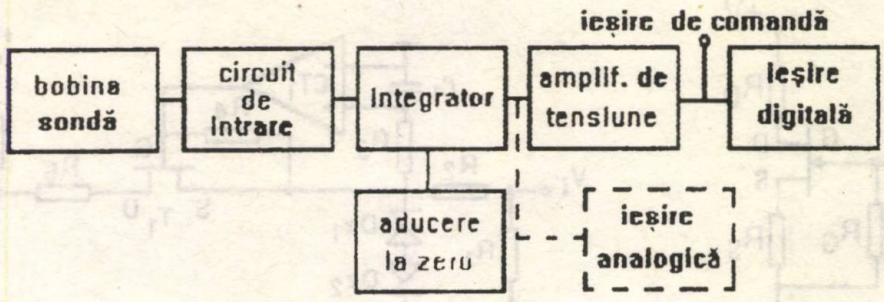


Fig. 1. Schema funcțională a fluxmetrului electronic

ieșirii analogice în tensiune (0...1) V sau un convertor tensiune-curent în cazul utilizării unui instrument de ieșire analogic (miliampermetru magnetoelectric).

Deoarece voltmetrul numeric utilizat pentru afișarea rezultatelor (AD520), ca și majoritatea instrumenteloor analogice sunt monopolare, este prevăzut un dispozitiv de blocare a măsurărilor cu polaritate contrară sensului adoptat.

Pentru aceasta, la intrarea fluxmetrului, în afara unui etaj de limitare cu diode, este utilizat în serie un tranzistor cu efect de câmp, cu rol de comutator, comandat de un comparator, care lasă să treacă numai pulsurile de polaritate pozitivă față de masă.

Acest comparator CT_1 aplică un potențial pozitiv grilei față de masă, determinând deschiderea comutatorului (T_1 trece în conducție), când pulsul este pozitiv și închiderea sa (blocarea lui T_1), când pulsul este negativ.

Integratorul este realizat cu un amplificator operațional AO_1 în montaj inversor cu rezistență pe intrare și condensator pe reacție.

În paralel cu condensatorul este plasat un alt tranzistor cu efect de câmp T_2, care, pe perioada integrării, este menținut blocat de comparatorul CT_2, când intrarea acestuia este cuplată la intrarea aparatului.

Pentru aducerea la zero a aparatului, intrarea lui CT_2 este comutată pe –V printr-un buton sau releu, T_2 intră în conducție și descarcă condensatorul C al integratorului.

În stare de blocare, rezistența mare a lui T_2 (zeci de MΩ), joacă rolul de rezistență de reacție în paralel cu C, pentru limitarea amplificării și diminuarea derivei amplificatorului.

Pentru micșorarea derivei integratorului s-au prevăzut circuite de reglare a offsetului și s-a ales un amplificator operațional cu derivă termică cât mai mică (de tipul LM 108).

3 Dimensionarea schemei fluxmetrului

3.1 *Dimensionarea etajului de intrare*

Etajul de intrare al fluxmetrului este format dintr-un limitator cu diode și comutatorul de acces monopolar bazat pe tranzistorul cu efect de câmp tip 2N4093, ale cărui avantaje față de un tranzistor bipolar sunt importante:

– dependență de temperatură mai redusă a caracteristicilor,

– rezistență mare în stare blocată (10^8...10^9) MΩ,

– inexistența tensiunii de decalaj drenă-sursă la curent nul,

– zgomot mai redus.

Când lucrează în zona de saturație, ecuația caracteristică este:

$$i_D = i_{Dsat} = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right)^2 \qquad (1)$$

Pentru tranzistorul utilizat I_{DSS} = 10 mA; V_T = – 0,8 V; V_{GS} = – 10 V; a rezultat un curent de drenă de 0,625 mA și o rezistență de sarcină:

$$R_s = \frac{V_{GS}}{I_D} = 16 \text{ k}\Omega \qquad (2)$$

Rezistența de grilă se ia de 1 MΩ (fig. 2 *a*)

Dacă tranzistorul este polarizat în regiunea liniară a caracteristicilor, atunci panta sau transconductanța sa rezultă:

$$g_m = \frac{\partial_s}{\partial V_{GS}}\bigg|_{V_{DS}} = \frac{-2 I_{DSS}}{V_T}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_T}\right) \qquad (3)$$

obținându-se valoarea de 0,937 mA/V, deci o rezistență drenă-sursă relativ mică.

Comparatorul CT_1 ce comandă direct tranzistorul comutator T_1 este realizat cu un comparator

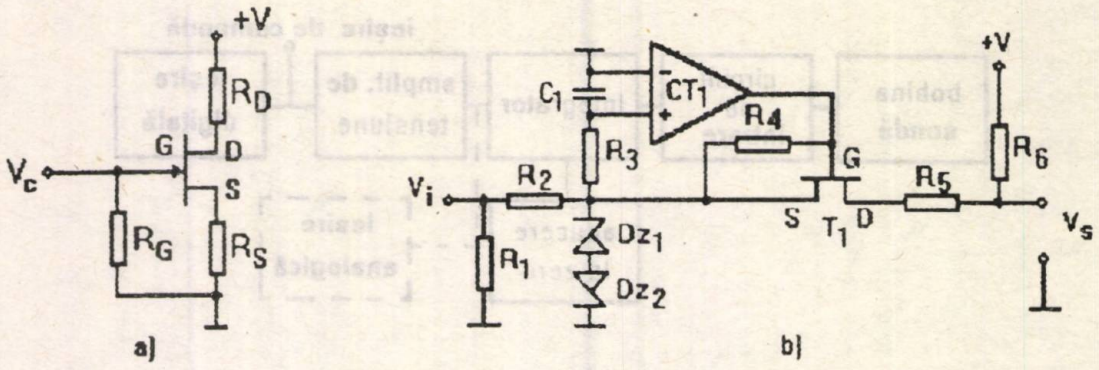


Fig. 2. Schema comutatorului de acces monopolar.
a) schema de principiu a FET; *b*) schema etajului de intrare.

din circuitul βM 339, schema completă a comutatorului de acces monopolar fiind dată în fig. 2 *b*.

3.2 *Dimensionarea integratorului*

Schema de principiu a integratorului este dată în fig. 3. *AO* lucrează în montaj inversor, curentul prin condensatorul C_3 fiind:

$$i_C = -C_3 \frac{\mathrm{d}V_C}{\mathrm{d}t}; \text{ sau: } V_C = \frac{1}{C_3}\int i_C \,\mathrm{d}t;$$

Rezultă tensiunea la ieşire:

$$V_0 = -\frac{1}{C_3 R_8}\int_0^t V_S \,\mathrm{d}t \qquad (4)$$

Alegându-se constanta de timp $\tau = 0{,}01$ s, rezistenţa $R_8 = 21$ kΩ, se determină valoarea condensatorului de integrare $C_3 = 0{,}47$ μF. El trebuie ales cu grijă pentru a avea pierderi prin dielectric minime.

Pentru a avea o derivă a integratorului minimă, o atenţie deosebită trebuie acordată reglajului de offset. În acest scop a fost prevăzut un circuit de reglaj al offsetului direct la intrarea *AO*. El este format dintr-un divizor de tensiune compus dintr-un potenţiometru *P* alimentat cu +V şi –V şi divizorul *R*9, *R*10, cuplat la intrarea neinversoare a integratorului (fig. 3). Divizorul este dimensionat să asigure un reglaj fin al offsetului.

Cu intrarea la masă, se reglează din potenţiometru până tendinţa de variaţie a tensiunii de ieşire este minimă.

În paralel cu condensatorul este prevăzut tranzistorul cu efect de câmp T_2, comandat de compensatorul CT_2, care are în principal sarcina de aducere la zero a integratorului la începutul măsurării, prin cuplarea intrării compensatorului la – V.

T_2 intră atunci în conducţie descărcând condensatorul *C*. Pe timpul măsurării intrarea în comparator este cuplată la sursa de semnal care va menţine T_2 blocat dacă pulsul este pozitiv. Rezistenţa drenă-sursă, în acest caz de ordinul zecilor de MΩ, limitează amplificarea lui *AO*, micşorând deriva.

3.3 *Etajul de ieşire şi sursa de alimentare*

Dacă se doreşte ieşirea pe un instrument analogic, cel mai simplu mod de cuplare al instrumentului este arătat în schema din fig. 4.

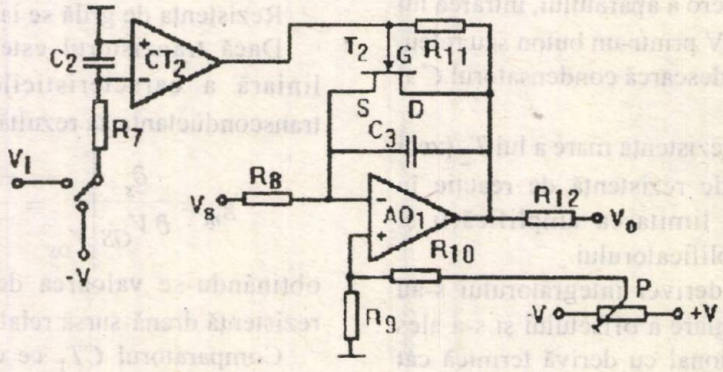


Fig. 3. Schema de principiu a integratorului.

Pentru realizarea mai multor game se poate schimba amplificarea lui AO_2, preamplificatorul ce urmează după integrator, prin comutarea rezistenței din reacție. Și la acest preamplificator se reglează offsetul. De la ieșirea lui se obține semnalul analogic pentru ieșirea suplimentară necesară sortării automate.

AO_3 are rolul de convertor tensiune-curent cu avantajul că nu interesează rezistența instrumentului cuplat la ieșire.

Pentru ieșire digitală este necesar să se amplifice semnalul până la valoarea de 1 V (cu AO_2) pentru a utiliza cât mai bine voltmetrul integrat AD520 utilizat ca instrument de ieșire.

Pentru aceasta se ajustează corespunzător amplificarea lui AO_2 pentru diferite game astfel ca pe orice gamă să se obțină amplitudinea maximă de 1 V. Schema cu ieșire digitală este dată în fig. 5.

Deoarece AD520 are și posibilitatea memorării rezultatului (hold), la fluxmetru acest lucru este foarte util deoarece deriva poate afecta rezultatul măsurării în cazul citirii sale după un timp ceva mai lung. Comanda "hold" poate fi dată manual sau automat.

În ceea ce privește sursa de alimentare ea se compune dintr-un transformator de rețea dimensionat corespunzător, redresoare, filtre și stabilizatoare integrate tip MA7812 pentru tensiunile de +12 V și –12 V și MA7805 pentru + 5 V sau altele echivalente.

4 Rezultate obținute și concluzii

Aparatul realizat în cadrul laboratorului de Măsurări electrice și electronice de la Facultatea de Electrotehnică din UPB, este prevăzut cu ieșire digitală (3 digiți) cu două game de măsurare 0,5 mWb și 1 mWb, bobina sondă fiind realizată în funcție de dimensiunile geometrice și mărimea fluxului magneților măsurați. Numărul de spire se alege astfel ca, la magneții cu flux maxim din serie, valoarea citită să fie cât mai aproape de maximul uneia din game. Cu un număr de 4...10 spire, în general, se poate acoperi gama magneților uzuali din ferite dure anizotrope sau aliaje ALNICO sau echivalente.

Etalonarea aparatului se poate face prin comparație cu un aparat de clasă de precizie superioară,

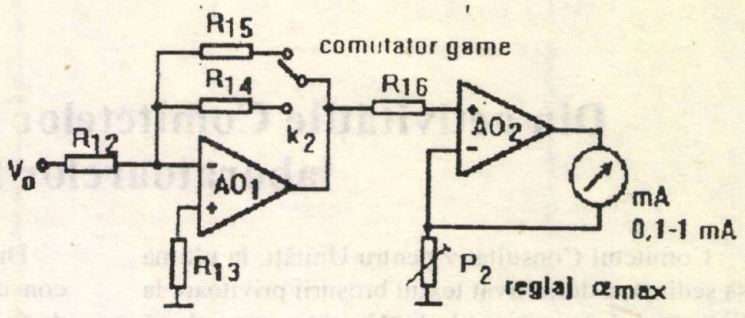


Fig. 4. Schema etajului de ieșire pentru instrument analogic

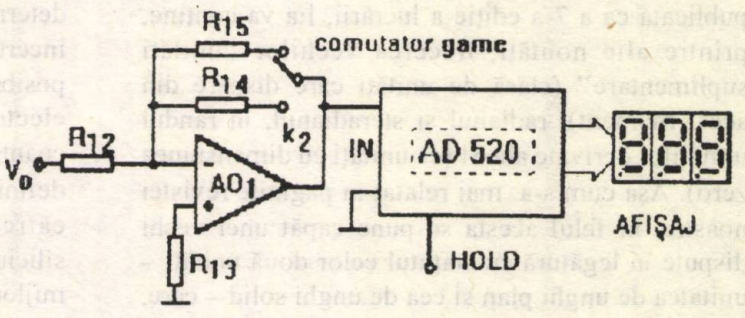


Fig. 5. Etaj de ieșire cu voltmetru digital AD520

cu magneți etalon, sau cu bobină de inductanță mutuală etalon.

În cazul aparatului prezentat, s-a utilizat ultima metodă care este mai comodă și mai precisă. Bobina etalon utilizată, de 0,01 H, clasă de precizie 0,1, a fost alimentată în primar cu curent continuu corespunzător gamei (50...100) mA și s-a ajustat amplificarea corespunzător pentru ca aparatul să indice maximul gamei. Curentul a fost măsurat cu un ampermetru digital de clasă de precizie 0,1.

Măsurările efectuate la 20 %, 50 %, 80 % din game au arătat că aparatul se încadrează lejer în clasa 1 de exactitate.

Deriva măsurată la temperatura ambiantă (18...20) °C, s-a situat în jurul valorii de 1% pe 10 secunde. Cum o măsurare se face într-un timp în general mai scurt de o secundă, deriva nu va afecta sensibil rezultatul dacă citirea se face imediat sau se comandă "hold" la voltmetru.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Manolescu, A.*, ș.a., Circuite integrate liniare, Editura Didactică și Pedagogică, 1983.
[2] National Semiconductor, Linear Aplication, 1980.
[3] *Ciugudean M.*, ș.a. Circuite integrate liniare. Aplicații. Editura FACLA, Timișoara, 1986.

INFORMAȚII

Din activitățile Comitetelor Consultative și ale laboratoarelor BIPM

Comitetul Consultativ pentru Unități, în ultima sa ședință, a definitivat textul broșurii privitoare la Sistemul Internațional de Unități care, după aprobarea sa la ședința Comitetului Internațional de Măsuri și Greutăți din septembrie 1996, va fi publicată ca a 7-a ediție a lucrării. Ea va conține, printre alte noutăți, trecerea vechilor "unități suplimentare" (clasă de unități care dispare din acest moment), radianul și steradianul, în rândul unităților derivate ale SI (ca unități cu dimensiunea zero). Așa cum s-a mai relatat în paginile revistei noastre, în felul acesta se pune capăt unei vechi dispute în legătură cu statutul celor două unități – unitatea de unghi plan și cea de unghi solid – care, timp de peste un secol, au ocupat o poziție aparte în sistemul unităților SI; includerea lor în categoria de unități suplimentare a fost doar un compromis care nu putea supraviețui.

O altă problemă discutată de același comitet consultativ a fost aceea a necesității definirii de prefixe pentru multiplii binari ai anumitor unități de măsură, în special cele folosite în tehnologia informației (bit, byte). Având în vedere că multiplii și submultiplii SI sunt strict zecimali, se simte nevoia introducerii de multipli sub forma puterilor lui doi, care să înlăture ambiguitățile aplicării prefixelor SI (kilo, mega etc.) în exprimarea multiplilor binari. Se așteaptă o propunere în acest sens din partea CEI (Comisia Electrotehnică Internațională).

Comitetul Consultativ de Electricitate a discutat crearea unui sistem pentru demonstrarea echivalenței unităților de măsură electrice menținute de principalele laboratoare din lume care dispun de etaloane primare. S-a pornit de la faptul că există o nevoie tot mai mare de evidență documentată a echivalenței etaloanelor naționale la scară mondială, cerută în comerțul internațional și, în particular, pentru recunoașterea mutuală a schemelor naționale de acreditare. A fost alcătuit un grup de lucru care să stabilească un set reprezentativ de comparații ale principalelor etaloane electrice, considerate suficiente ca suport al trasabilității pe plan internațional.

Diversele grupuri de lucru ale comitetelor consultative s-au preocupat de alte aspecte ale dezvoltării unor etaloane de definiție și de creșterea exactității reproducerii unităților de măsură SI. Un subiect de interes deosebit este determinarea valorii constantei lui Avogadro cu o incertitudine cât mai mică, necesară pentru a face posibilă trecerea de la unitățile mecanice la cele electrice utilizând un șir de ecuații din fizica cuantică care ar permite în final adoptarea unei noi definiții a kilogramului. Cercetările sunt orientate către determinarea cu exactitate a densității siliciului pur utilizând sfere de siliciu fabricate cu mijloace speciale, determinarea masei molare a siliciului natural și a concentrației imperfecțiunilor rețelei moleculare în siliciu.

În domeniul timpului și frecvenței, s-a realizat un progres prin aplicarea așa-zisei corecții de corp negru etaloanelor primare de frecvență. Date concludente în această direcție au fost comunicate de laboratoarele naționale din SUA (NIST) și din Germania (PTB). O altă preocupare a fost ponderarea cât mai realistă a datelor provenite de la cele peste 200 de etaloane atomice de frecvență din lume, prin a căror prelucrare se stabilește scara Timpului Atomic Internațional (TAI). În prezent, se apreciază că secunda menținută de către BIPM diferă cu mai puțin de 1×10^{-14} de valoarea ei de definiție.

Laboratoarele BIPM au organizat în ultimii ani un număr mare de comparații de etaloane, dintre care se disting cele din domeniile lungimii și al mărimilor electrice. Etaloanele primare – în primul rând laserele stabilizate cu iod, etaloanele Josephson și etaloanele Hall cuantice – s-au dovedit cu mult mai stabile decât oricare din tipurile tradiționale de etaloane secundare, care erau de obicei supuse comparațiilor internaționale. De aceea, laboratoarele BIPM se concentrează în prezent numai asupra comparării etaloanelor primare, bazate pe efecte cuantice. În acest domeniu, BIPM a acumulat o experiență bogată și este capabil să asigure o corelare foarte bună a valorilor etaloanelor naționale participante la

comparații, la un nivel de exactitate imposibil de realizat în trecut. Numai în anul 1995 BIPM a realizat 8 comparații internaționale de lasere pe lungimea de undă $\lambda \approx 633$ nm, la care au participat 20 de laboratoare naționale, pe lângă BIPM. În perioada 1992–1995 au fost efectuate 12 comparații de etaloane de tensiune cu efect Josephson, iar în 1995 alte 2 comparații de etaloane de rezistență cu efect Hall cuantic; aceste comparații s-au soldat cu diferențe sub 5×10^{-10} în cazul etaloanelor Josephson și respectiv de ordinul 3×10^{-9} în cazul etaloanelor cu efect Hall cuantic. Au fost demarate de asemenea comparațiile de radiometre criogenice, cele mai precise etaloane radiometrice în momentul de față.

Noi domenii de aplicație pentru metrologie

Dl B. Athané, directorul Biroului Internațional de Metrologie Legală (BIML), într-un editorial recent (*OIML Bulletin*, vol. XXXVII nr. 3, iulie 1996) face o interesantă trecere în revistă a unor noi sectoare de activitate în care metrologia este implicată tot mai mult. După domeniile clasice ale metrologiei legale – tranzacțiile, comerțul, protecția consumatorului – au urmat protecția mediului, medicina, siguranța traficului, în care metrologia intervine deja pe scară largă.

Mai recent, unele instituții naționale de metrologie au abordat un domeniu care prezintă anumite similarități cu verificarea aparatelor de măsurat: controlul mașinilor "de noroc", jocurilor mecanice și electronice, ruletelor și al altor sisteme asemănătoare din casinouri, localuri etc. Asemenea dispozitive, fie ele mecanice sau electronice, pot fi "măsluite" de către persoane pricepute, ca și în cazul aparatelor de măsurat, mărind câștigul mediu al proprietarului în defavoarea consumatorului, în acest caz jucătorul. Serviciile de metrologie legală din unele țări, care au inclus acest domeniu în sfera lor de activitate (printre care Olanda și Ungaria), fac față cu competență cerințelor acestui gen de control, datorită pregătirii și experienței lor în controlul mijloacelor de măsurare nu numai din punct de vedere strict metrologic, ci și sub aspectul corectitudinii funcționării și exploatării lor.

Un alt domeniu în care se simte nevoia protejării consumatorului și care este mai strâns legat de specificul metrologiei este acela al numărării și înregistrării impulsurilor telefonice, ca bază a tarifării convorbirilor locale, interurbane și internaționale. Toate sistemele de tarifare a convorbirilor electronice sunt bazate pe măsurarea unor intervale de timp, deci caracterul metrologic în acest caz este evident. BIML a întreprins recent o anchetă în rândul unora din statele membre ale OIML, cu scopul de a colecta informații asupra acestui subiect. Unul din rezultatele interesante ale acestei anchete a fost un articol primit de la Comisia Națională de Standarde din Australia privind încercarea de model și verificarea sistemelor electronice de tarifare a convorbirilor telefonice, publicat în numărul citat mai sus al Buletinului OIML.

În ce privește situația din țara noastră, controlul mașinilor de joc nu intră în competența metrologiei, în schimb centralele telefonice – atât cele clasice, electromecanice, cât și cele digitale – sunt supuse controlului metrologic al statului, în ce privește corectitudinea tarifării convorbirilor efectuate de abonați.

O nouă broșură editată de OIML

În luna martie 1996, Organizația Internațională de Metrologie Legală (OIML) a publicat lucrarea ***Metrologia Legală în Statele Membre ale OIML***, o reeditare actualizată a repertoarului publicat în anul 1990, care prezintă informații cu privire la legile și reglementările naționale din domeniul metrologiei și modul în care acestea sunt aplicate în 54 de state membre ale OIML: Algeria, Germania, Arabia Saudită Australia, Austria, Belarus, Belgia, Brazilia, Bulgaria, Camerun, Canada, R.P. Chineză, Cipru, Republica Korea, R.P.D. Coreană, Cuba, Danemarca, Egipt, Spania,

Statele Unite ale Americii, Etiopia, Finlanda, Franța, Grecia, Ungaria, India, Indonezia, Irlanda, Israel, Italia, Japonia, Kazakhstan, Kenya, Ex-R.Y. Macedonia, Maroc, Monaco, Norvegia, Pakistan, Olanda, Polonia, Portugalia, România, Marea Britanie, Federația Rusă, Slovacia, Slovenia, Sri Lanka, Suedia, Elveția, Tanzania, Republica Cehă, Tunisia, Yugoslvia, Zambia. După caz, sunt de asemenea menționate laboratoarele care dețin etaloanele naționale și se prezintă pe scurt sistemele de etalonare și activitățile de acreditare și certificare din domeniul metrologiei.

Lucrarea este organizată alfabetic, sub forma unui repertoar, în care informațiile furnizate despre statele membre sunt structurate după următorul plan:

1 Legea metrologiei
2 Unitățile de măsură legale
3 Mijloacele de măsurare supuse controlului legal
4 Controlul metrologic al cantităților
5 Organismele cu responsabilități în metrologie
5.1 Serviciul național de metrologie legală
5.2 Servicii locale de verificări metrologice
5.3 Laboratoarele deținătoare de etaloane naționale
5.4 Sisteme de etalonare și evaluare a mijloacelor de măsurare
6 Sisteme de acreditare și de certificare
6.1 Sisteme de acreditare a laboratoarelor de metrologie legală, de etalonare și de încercări – Racordarea la etaloanele naționale, regionale, internaționale sau străine
6.2 Activitățile de metrologie legală și aplicată în cadrul certificării produselor
6.3 Activitățile de metrologie legală și aplicată în cadrul sistemelor de calitate ISO 9000

La sfârșitul lucrării se prezintă o listă de lucrări similare elaborate de alte organizații regionale, conținând și datele necesare pentru cei interesați să ia legătura cu editorii lucrărilor respective. Dintre acestea, menționăm în mod special:

EUROMET Directory, 1995 (Metrologia în țările europene)
Secretariat:
Danish Institute of Fundamental Metrology
Building 307, Lundtoftevej 100
DK-2800 Lyngby
Denmark
Tel: 45-45-93 11 44
Fax: 45-45-93 11 37

WELMEC Directory, 1995 (Metrologia legală în țările europene)
Publicat de LACOTS
PO Box 6
1 A Robert street
Croydon, CR9 1LG
United Kingdom
Tel: 44-181-688 19 96
Fax: 44-181-680 15 09

COOMET Directory, Partea 1 – 1993, Părțile 2 și 3 – 1994 (Metrologia în țările din Europa centrală și de est)
Secretariat:
Slovak Institute of Metrology
Karloveská 63
842 55 Bratislava
Slovakia
Tel: 42-7-72 98 20 și 42-7-72 98 65
Fax: 42-7-72 95 92 și 42-7-72 23 76

Sunt de asemenea menționate lucrările: ***APLMF Directory***, 1995 (Metrologia legală în țările din regiunea Asia Pacific), ***CIMET Directory***, 1993 (Sisteme naționale de măsurare ale țărilor din Commonwealth), ***APMP Directory***, în curs de elaborare (Posibilități de etalonare în regiunea Asia Pacific).

Prin cantitatea de informații și modul sistematic de prezentare a acestora, lucrarea ***Metrologia Legală în Statele Membre ale OIML*** se poate dovedi foarte utilă producătorilor și utilizatorilor de mijloace de măsurare, organismelor de protecție a consumatorilor precum și tuturor celor interesați în domeniul metrologiei legale și în domeniile conexe ale metrologiei, în încercări și în evaluarea conformității, contribuind la dezvoltarea cooperării și la întărirea legăturilor între organizațiile naționale, regionale și internaționale din aceste domenii.

Ionel URDEA

Cărți apărute în
EDITURA TEHNICĂ

HÜTTE - Manualul inginerului. Fundamente
1384 pagini, 1586 figuri
Format 170×240 mm
Preț 35 000 lei

"**HÜTTE**" este o lucrare renumită în domeniul ingineriei, elaborată de "Asociația Academiei HÜTTE", prima ediție fiind publicată în anul 1857. În cei 138 ani care au trecut de atunci, în Germania s-au publicat 29 ediții. În țara noastră s-a tradus și publicat, în anii 1947, 1949 și 1951, ediția a 27-a germană revăzută și adăugită, carte care n-a lipsit de pe masa de lucru a generații întregi de ingineri români.

Noua ediție în limba română reprezintă traducerea ediției a 29-a, publicată de Editura Springer din Berlin în anul 1989 și retipărită în 1991. Este o ediție complet refăcută și completată cu capitole noi, elaborată de un larg colectiv de specialiști germani renumiți.

Cartea prezintă, într-o formă concisă, toate noțiunile de bază ale disciplinelor inginerești, și anume: matematică și statistică, fizică, chimie, materiale, mecanica tehnică, rezistența materialelor, mecanica fluidelor, electrotehnică, electronică, tehnica măsurărilor, comanda și reglarea automată, informatică, proiectarea și dezvoltarea produselor industriale.

Ca noutate, în această ediție au fost introduse capitole noi referitoare la standardizare, brevete de invetii, drept, legislație și economia întreprinderilor, cunoștințe pe care astăzi trebuie să le aibă orice inginer.

Cartea este adresată inginerilor și studenților de la facultățile tehnice, constituind o adevărată enciclopedie tehnică, un instrument de lucru în activitatea inginerească de orice fel.

P.W. Atkins
Tratat de chimie fizică
1040 pagini, 800 fig., preț 33 000 lei

Tratatul de chimie fizică, autor reputatul prof. P.W. Atkins, este o traducere după ediția a 5-a, apărută în limba engleză la Oxford University Pres s.

Cartea se adresează specialiștilor chimiști, biochimiști și ingineri chimiști și metalurgi, profesorilor și studenților de la facultățile cu acest profil. Dată fiind absența în țară a manualelor și traducerilor de chimie fizică, edițiile mai vechi fiind epuizate, Tratatul de chimie fizică de P.W. Atkins acoperă un gol existent în literatura noastră științifică și didactică de specialitate, contribuind în același timp la alinierea învățământului românesc de chimie și inginerie chimică la standardele europene. Totodată, cartea va constitui materialul bibliografic de referință pentru studenți și specialiști, pentru examenul de licență și de admitere la doctorat și la direcțiile de studii aprofundate.

Editura Tehnică
Piața Presei Libere 1
R-79738, București
Tel: 222 33 31; 222 66 30
Fax: 222 37 76

Pentru comenzi, difuzorii, alți agenți economici și persoanele fizice se pot adresa la **Editura Tehnică**
Depozit. Librărie. Anticariat
R-70702 București, str. Oteteleșanu 1
Tel./FAX 615 88 66

T.A.T –Co. LTD

INVITĂ SPECIALIŞTII ŞI OAMENII DE AFACERI
SĂ VIZITEZE EXPOZIŢIA SPECIALIZATĂ

AMCOR'96

aparate de măsură şi control din toate domeniile (mărimi electrice, mărimi mecanice, mărimi cinematice etc.)

Sala Palatului

17–20 Septembrie 1996

FIRME DE PRESTIGIU VĂ PREZINTĂ ULTIMELE
REALIZĂRI ÎN DOMENIU

Program de vizitare:
Zilnic între orele: 10.00–16.00
Ultima zi: 10.00–14.00

O şansă pentru fiecare!

Informaţii la firma T.A.T.Co
Tel.: 311.11.99; Fax: 311.11.49

Lei 3500

E 8225
FF
8 000000 343680

INM Nr 4/1996

metrologie

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR 1883

SUMMARY

AUREL MILEA : Changes and developments in Romania 's metrology infrastructure in context of the European integration 94

IOANA TEUCA, IOAN CÎRNEANU: Electrochemical sensors for the quantitative establishing of the concentration of dissolved oxygen in aqueous solution and their functional parameters 96

AVRAM HELER: On the possibility to trace iron in reinforced concrete prefabricated parts using a hall probe 99

FĂNEL IACOBESCU: Critical current measurement in super–conductors 104

BRÂNDUŞA PANTELIMON, CĂTĂLIN GRIGORAŞ Electric measuring system for the number of turns using optical incremental transducers and digital processing of their output signal 108

IOAN BOIERIU: Damping table with shocks and vibrations absorption cell 111

NOTES, INFORMATION

SOMMAIRE

AUREL MILEA : Changements et developements de l'infrastructure métrologique en Romanie, dans le context de l'intégration européenne 94

IOANA TEUCA, IOAN CÎRNEANU: Capteurs électrochimiques pour déterminer la concentration de l'oxygen dissout dans des solutions aqueuses et leur paramètres fonctionnels 96

AVRAM HELER : Sur la posibilité de dérminer le traçé du fer dans les préfabriquées à béton armé en utilisant un capteur hall 99

FĂNEL IACOBESCU: Le mesurage du courant critique dans les supérconducteurs 104

BRÂNDUŞA PANTELIMON, CĂTĂLIN GRIGORAŞ: Système de mesure électrique pour le nombre de tours en utilisant des capteurs différentiels optiques et le traitement numérique de l'information 108

IOAN BOIERIU: Table á cellule d'amortissement pour les chocs et les vibrations 111

NOTES, INFORMATIONS

REDACŢIA

INSTITUTUL NAŢIONAL DE METROLOGIE

Şos. Vitan-Bârzeşti nr. 11, sector 4, tel. 6342060
şi 6344030/191; Bucureşti; 75669

ISSN 1200-546 X

EDIŢIE REALIZATĂ SUB ÎNGRIJIREA

Editurii Tehnice

Piaţa Presei Libere 1, sector 1, Bucureşti, cod poştal 71341,
tel. 222.66.30, fax 222.37.76

Cererile pentru abonamente vor fi adresate Editurii Tehnice, Biroul de comenzi şi desfacere,
Bucureşti, str. Oteteleşeanu nr. 1, sector 1, cod poştal 70702, tel. 615.88.66
cont virament 645151124 BCR, filiala sector 1.
Costul unui abonament anual este 22000 lei.

METROLOGIE

INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR 1883 ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖZPONT ÉS

Publicaţie tehnico-ştiinţifică

editată de

INSTITUTUL NAŢIONAL DE METROLOGIE

SUMAR

AUREL MILEA:Mutaţii şi dezvoltări ale infrastructurii metrologice în România , în lumina integrării europene 94

IOANA TEUCA, IOAN CÎRNEANU: Sensori electrochimici pentru determinarea concentraţiei de oxigen dizolvat din soluţii apoase şi parametrii funcţionali ai acestora 96

AVRAM HELER: Posibilitatea determinării traseului fierului în prefabricatele din beton armat, folosind traductorul Hall traductoare 99

FĂNEL IACOBESCU: Măsurări ale curentului critic în supraconductoare 104

BRÂNDUŞA PANTELIMON, CĂTĂLIN GRIGORAŞ: Sistem de măsurare electrică a turaţiei cu traductoare incrementale optice, cu prelucrare digitală a informaţiei 108

IOAN BOIERIU: Masă cu celulă de amortizare a şocurilor şi vibraţiilor 111

NOTE INFORMAŢII.

*
* *

Colectivul de redacţie: fiz. Dragoş Boiciuc, Viorica Burciu (*secretar de redacţie*), ing. chim. Mirela Buzoianu, ing. Gabriel Iordăchescu, fiz. Gheorghe Ispăşoiu, dr. ing. Aurel Millea (*redactor responsabil*), ing. Ionel Urdea.

Mutaţii şi dezvoltări ale infrastructurii metrologice în România, în lumina integrării europene[1]

*AUREL MILLEA**

Metrologia are rolul de a realiza bazele ştiinţifice ale măsurării, de a asigura uniformitatea şi corectitudinea măsurărilor şi de a fundamenta utilizarea adecvată a aparatelor de măsurat, a metodelor şi a procedeelor de măsurare. Numai în acest fel măsurările executate în locuri diferite, în oricare moment şi în orice condiţii vor fi compatibile între ele, schimburile efectuate pe baza lor vor fi echitabile iar obiectele tehnice rezultate vor putea fi interschimbabile.

Într-o societate civilizată, metrologia are o importanţă mare în multe domenii ale vieţii: pentru o producţie industrială de calitate, tranzacţii comerciale, controlul mediului, medicină, protecţia consumatorului şi altele.

Instituţiile de stat sau private care acţionează în domeniul metrologiei constituie o parte importantă a infrastructurii tehnice şi economice a fiecărui stat. În acest sens, se poate vorbi despre o *infrastructură metrologică*, a cărei promovare face parte din sarcinile primordiale ale statului. În ţările industrializate se cheltuieşte între 2% şi 6% din produsul naţional brut pentru metrologie şi activităţile legate de aceasta (inclusiv măsurările industriale şi cele din alte domenii).

Într-un cadru mai larg, infrastructura metrologică face parte din ansamblul *metrologie-standarde-încercări-asigurarea calităţii,* compus din elemente strâns corelate între ele. Asigurarea calităţii este un sistem vast de măsuri, în care stabilirea proprietăţilor produsului se face prin încercări, cu referire la standarde, implicând nemijlocit măsurarea.

Fără un asemenea sistem performant sunt de neconceput nu numai societatea industrială modernă dar şi atingerea nivelului de trai actual al populaţiei.

Deja de mult timp, sarcinile metrologiei nu mai pot fi realizate de către fiecare ţară în mod izolat. Statele Uniunii Europene (EU) şi ale Zonei Europene a Liberului Schimb (EFTA) şi-au creat organisme de parteneriat şi de cooperare în cele trei mari domenii ale metrologiei: metrologia ştiinţifică (fundamentală), metrologia industrială şi metrologia legală: EUROMET (Colaborarea institutelor naţionale de metrologie), WECC, inclusă în prezent în EAL (Cooperarea europeană în domeniul acreditării laboratoarelor) şi WELMEC (Cooperarea vest-europeană în metrologia legală).

În mod corespunzător, ţările din centrul şi estul Europei au creat COOMET (Cooperarea în metrologie a statelor din centrul şi estul Europei), reunind cele trei domenii ale metrologiei amintite mai sus.

În România, până în 1989 metrologia a fost organizată după modelul vechi tipic statelor cu economie centralizată. Prin lege, statul controla nemijlocit întreaga activitate de metrologie, aprobarea de model (de tip) şi verificarea *tuturor* mijloacelor de măsurare (inclusiv a celor industriale) de către metrologia de stat fiind obligatorii. Tot statul autoriza funcţionarea laboratoarelor de metrologie din întreprinderi, supraveghea fabricarea şi importul oricăror tipuri de aparate de măsurat, precum şi repararea acestora. Toate aceste reglementări erau prevăzute de "Legea Metrologiei", nr. 27 din 1978.

După 1989 s-a simţit nevoia reformării şi reorganizării metrologiei româneşti, apropiind-o de principiile şi structurile proprii statelor industrializate ale lumii. Astfel, în august 1992 guvernul a emis Ordonanţa nr. 20 privind activitatea de metrologie, aprobată ulterior prin Legea nr. 11 din 1994, precum şi Hotărârea de guvern nr. 481. Principalele elemente noi ale acestor normative sunt următoarele:

- statul intervine în activitatea de metrologie pentru protejarea cetăţenilor împotriva efectului nociv al unor măsurări incorecte;
- controlul obligatoriu al statului - în principal prin aprobarea de model şi verificarea metrologică - se aplică numai mijloacelor de măsurare utilizate în domenii de interes public, cum sunt comerţul, protecţia mediului, sănătatea;

---

[1] Articol apărut în "MESAGERUL ECONOMIC', anul VII nr. 6 (276), serie nouă, 29 ian.-4 febr. 1996

* Director al Institutului Naţional de Metrologie

- răspunderea pentru funcționarea corectă, exactitatea și trasabilitatea mijloacelor de măsurare utilizate în alte domenii decât cele de interes public revine utilizatorilor acestora;
- Biroul Român de Metrologie Legală (BRML) este organul administrației centrale de stat însărcinat cu aplicarea prevederilor legislației metrologice;
- Institutul Național de Metrologie (INM), cu profil de institut de cercetare, are atribuțiile proprii metrologiei științifice, deține etaloanele naționale ale principalelor mărimi fizice și asigură trasabilitatea acestora la etaloanele internaționale.

Ulterior, prin Hotărârea de Guvern nr. 225 din 1995, au fost aduse modificări și completări prevederilor HG nr. 481, cea mai importantă referindu-se la acreditarea laboratoarelor de etalonare a mijloacelor de măsurare nesupuse controlului obligatoriu al statului (în special laboratoare industriale).

Se poate observa conturarea celor trei componente ale activității de metrologie: *metrologia științifică, metrologia industrială* și *metrologia legală.*

După o perioadă de cel puțin 15 ani în care dotarea cu aparatură nouă a fost aproape inexistentă, INM își reface treptat cele mai importante etaloane naționale și etaloane de referință, cu ajutorul cărora poate asigura "transmiterea" unităților de măsură în întreaga țară, la etaloanele secundare ale mărimilor fizice. În prezent, INM dispune de 14 etaloane naționale atestate și 33 etaloane de referință, care acoperă majoritatea domeniilor de interes (mărimi dimensionale, mecanice, electrice, termice, optice, fizico-chimice etc.). Acestea sunt comparate periodic cu etaloanele BIPM (Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți) din Franța, precum și cu etaloane naționale ale altor state.

Cu toate acestea, metrologia științifică în România nu este încă pe toate planurile la un nivel comparabil cu cel al țărilor industrializate din UE. Se fac eforturi pentru reducerea acestui decalaj, prin activitate de cercetare-dezvoltare pe bază de contracte cu MCT (Ministerul Cercetării și Tehnologiei), precum și în cadrul unor programe europene de cooperare (PHARE-PRAQ, COPERNICUS etc.) sau prin cooperare bilaterală (cum este cea cu PTB, Germania).

În aria metrologiei industriale, schimbarea esențială constă în înlocuirea mecanismului rigid al verificărilor obligatorii, impuse și urmărite prin lege, cu un regim nou în care producătorul este el însuși interesat ca aparatele lui să funcționeze corect din punct de vedere metrologic, cerință de bază a sistemelor de certificare a calității. Implementarea seriei de standarde ISO 9000 și a standardelor europene EN 45 000 - fără de care vânzarea produselor românești pe piața europeană nu mai este practic posibilă - aduce cu sine pentru fiecare întreprindere nevoia organizării interne a *sistemului de asigurare a calității*, ceea ce implică și etalonarea tuturor mijloacelor de măsurare utilizate în acest sistem, într-un *laborator de metrologie acreditat*, propriu sau din afara întreprinderii.

Crearea unei rețele de laboratoare de metrologie acreditate în România, după modelul țărilor industrializate, este în curs în momentul de față. Potrivit prevederilor HG nr. 225 din 1995, această acreditare este o atribuție a BRML; prin acreditare, un laborator capătă girul organismului de acreditare în ce privește competența și imparțialitatea, fiind astfel recunoscut de către toți partenerii. Una din condițiile de bază ale acreditării este ca laboratorul să poată demonstra *trasabilitatea* la etaloanele naționale ale României și, prin aceasta, la etaloane recunoscute internațional.

În domeniul metrologiei legale în România se caută armonizarea reglementărilor interne cu cele din statele UE, cu efecte benefice asupra schimburilor comerciale, decontărilor reciproce și diverselor forme de cooperare economică, dar și în sfera protecției mediului, a siguranței traficului, a aparaturii medicale și a medicamentelor.

Față de categoriile clasice de mijloace de măsurare supravegheate de metrologia de stat, în special aparate de cântărit, rezervoare și recipiente diverse, contoare de lichide și de gaz, contoare de energie termică și de energie electrică, este în creștere ponderea unor sortimente destinate măsurării poluanților (în aer, apă, sol), analizelor medicale, calității alimentelor, drumului parcurs de vehicule, zgomotului și altor factori a căror cunoaștere exactă este de interes public. Se ridică numeroase probleme în legătură cu încercarea de model a acestor categorii de aparaturi, care provin în majoritate din import, ca și în organizarea verificării metrologice periodice după darea lor în exploatare. Una din sarcinile importante în această direcție este elaborarea unor norme de metrologie legală pentru fiecare din categoriile menționate, care să fie compatibile cu prescripțiile existente în țările UE și în alte părți ale lumii.

În ansamblul cerințelor ce se impun în vederea integrării europene, metrologia românească se bazează în primul rând pe calitatea sa de membru al principalelor două organizații interguvernamentale de metrologie: Convenția Metrului, datând din 1875 (care include și BIPM) și Organizația Internațională de Metrologie Legală, înființată în 1955. De asemenea, cooperarea în cadrul COOMET, care pregătește asocierea și apoi participarea ca membru în organismele europene EUROMET, EAL și WELMEC, constituie o poartă deschisă spre apropierea de obiectivul integrării europene și în domeniul atât de important al metrologiei.

Senzori electrochimici pentru determinarea concentraţiei de oxigen dizolvat din soluţii apoase şi parametrii funcţionali ai acestora

IOANA TEUCA *
IOAN CÎRNEANU **

Abstract: *The electrochemical sensors for the quantitative establishing of the concentration of dissolved oxygen in aqueous solutions can be widely used to characterize and analyze the superficial water, the residual water and the boiler water as well as to study the chemical oxidation proces. The paper presents the classification of these electrochemical sensors and the possibility to metrologically characterize them using their functional parameters.*

Résumé: *Les capteurs électrochimiques pour la détermination quantitative de la concentration de l'oxygen dissout dans des solutions aqueuses peuvent être amplement utilisés pour caractériser et analyser l'eau supérficielle, l'eau résiduelle et l'eau de chaudière aussi que pour l'étude des processus d'oxidation chimique. L'árticle présente la classification de ces capteurs électrochimiques et la possibilité de les caratériser métrologiquement, en utilisant leur paramètres fonctionnels.*

Senzorii sunt dispozitive care sesizează variaţia unor parametri dintr-un sistem de măsurare prin emiterea unor semnale corespunzătoare mărimii parametrului de determinat.

Senzorii care emit un semnal corelat cu concentraţia unei specii ionice sunt denumiţi senzori analitici.

Dacă semnalul de ieşire al senzorului este de natură electrică, acesta este denumit senzor electrochimic.

1 Clasificarea senzorilor electrochimici pentru determinarea cantitativă a oxigenului

În funcţie de natura semnalului de ieşire se cunosc trei categorii de senzori:

a) senzori potenţiometrici: senzori cu electrolit solid care funcţionează la temperaturi ridicate şi se folosesc pentru determinarea conţinutului de oxigen din gazele de ardere, din produsele de ardere ale motoarelor cu ardere internă şi din topiturile metalice[1]; [2];

b) senzori conductometrici: celule de măsurare a conductivităţii electrolitice, care indică modificarea conductivităţii în urma unei reacţii chimice dintre oxigen şi un reactiv specific;

c) senzori amperometrici: senzori care, pe baza electrolizei, generează un curent electric proporţional cu conţinutul de oxigen al mediului cu care sunt în contact [3].

Oxigenul se reduce pe catod (Au, Ag, Pt etc.) după următorul proces catodic:

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4HO^- \qquad (1)$$

procesul anodic (2) fiind oxidarea anodului, care este, de obicei, un metal (Pb, Cd sau Ag):

$$Me = Me^{n+} + ne^- \qquad (2)$$

Potenţialul electric necesar procesului electrochimic la catod corespunde curentului limită de difuzie al oxigenului, fără declanşarea procesului de reducere a apei. Acest potenţial este asigurat fie printr-o sursă de curent electric legată între anod şi catod (senzori cu sursa externă sau senzori polarografici), fie prin alegerea convenabilă a anodului şi a electrolitului astfel încât, după scurtcircuitarea electrozilor să se asigure curentul limită de difuzie (senzori fără sursă externă sau senzori galvanici).

2 Senzori amperometrici pentru determinarea concentraţiei de oxigen dizolvat în lichide. Tipuri constructive

A) Senzorii amperometrici cu electrozii în contact direct cu lichidul în care se face determinarea concentraţiei de oxigen dizolvat–celula lui Todt [4] care utilizează electrozi de coroziune (catod din Ni, Au; anod din Fe, Pb, aliaje).

Acest tip de celulă este folosit la determinarea oxigenului din apa de alimentare a cazanelor sub presiune.

Sensibilitatea acestui tip de celulă este de aproximativ 0,5 μA/ppm O_2. Deşi sensibilitatea este mare, acest tip de celulă are o serie de dezavantaje ca: pericolul de contaminare al electrozilor în contact cu proba, dependenţa semnalului electric de viteza de curgere şi de conductivitatea apei şi rezistenţa electrică

* Institutul de Chimie, Cluj Napoca
** Institutul Naţional de Metrologie, şos Vitan Bârzeşti nr. 11, sector 4, Bucureşti

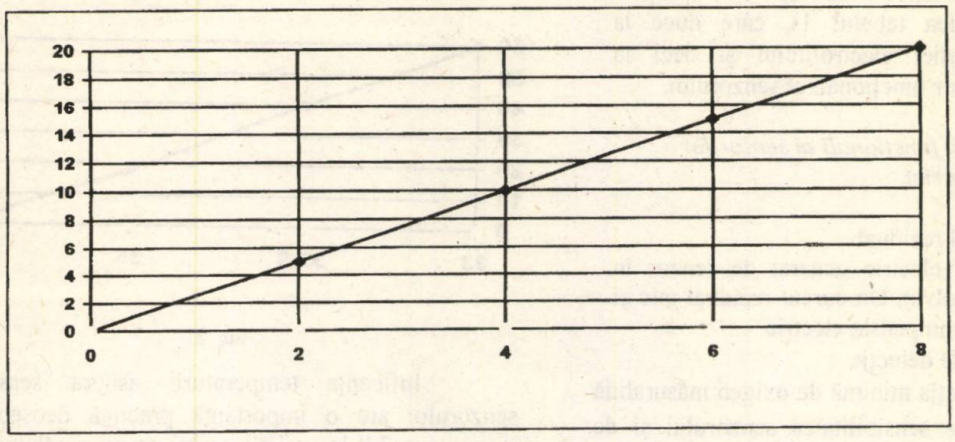


Fig. 1

foarte mare în cazul imersării electrozilor în apele de alimentare ale cazanelor de înaltă presiune.

Aceste inconveniente se pot atenua pe două căi:

1) antrenarea oxigenului cu un gaz purtător şi determinarea concentraţiei acestuia în faza gazoasă;

2) izolarea electrozilor de mediul în care se fac măsurările printr-o membrană permeabilă pentru oxigen. Această metodă a fost aplicată iniţial de Clark [5] şi s-a dovedit deosebit de avantajoasă.

B) Celula Clark utilizează o membrană prin care difuzează oxigenul dizolvat la catod. Prezenţa membranei semipermeabile (permeabilă pentru oxigen, impermeabilă pentru ionii din soluţie) are avantajul că semnalul electric generat de celulă nu este afectat de prezenţa ionilor contaminanţi din soluţie şi de viteza de curgere a acesteia. În acelaşi timp, însă, membrana limitează sever sensibilitatea celulei la aproximativ 0,1 μA/ppm O_2.

Avantajele constructive şi funcţionale ale celulei fără sursa externă de tensiune (celula Hersch) şi ale celulei Clark (electrozi acoperiţi cu membrană) au fost aplicate la realizarea unui nou tip de celulă descris pentru prima dată de *Mancy*, *Okun* şi *Reilley* [6] . Electrozii (catodul de Ag şi anodul de Pb) sunt acoperiţi cu un disc de hârtie subţire îmbibat cu soluţie de KOHIN şi apoi cu o membrană de polietilenă. Curentul electric generat de acest tip de celulă este măsurat direct cu un microampermetru sau sub forma unei căderi de potenţial electric.

3 Parametrii funcţionali ai senzorilor ampero–metrici pentru determinarea concentraţiei de oxigen dizolvat din soluţii apoase

Teoria funcţionării senzorilor amperometrici acoperiţi cu membrane a fost abordată de mai mulţi autori [6], [7], [8]. Ea implică teoria transportului de materie prin membrană precum şi luarea în considerare a membranei asupra sensibilităţii şi a timpului de răspuns al senzorului [9].

După *Mancy* şi colaboratori [6] curentul electric generat de senzor poate fi redat de ecuaţia:

$$I = n \times F \times A \times P_m \times C / b \qquad (3)$$

unde: n numărul de electroni

F constanta Faraday

P_m coeficientul de permeabilitate a membranei

b grosimea membranei

C concentraţia, respectiv presiunea parţială a oxigenului dizolvat.

Rezultă, deci, o dependenţă liniară curent electric-concentraţie conform ecuaţiei (3) reprezentată grafic în fig. 1, în care pe abscisă sunt valorile de concentraţie, ppm O_2, iar pe ordonată valorile de curent electric, μA.

În principiu sensibilitatea senzorului poate fi mărită prin mărirea suprafeţei electrodului şi prin alegerea convenabilă a membranei (grosime mică, permeabilitate mare).

În tabelul 1 sunt prezentate constantele de permeabilitate ale unor tipuri de membrane pentru N_2, O_2, CO_2 şi pentru apă.

POLIMER	$P_m \cdot 10^{10}$, N_2	cm^3 mm O_2	cm^{-2} CO_2	cmHg apă
polietilenă	3,3...20	11..59	43...280	120...210
polipropilenă	4,4	23	92	700
polistiren	3,0...80	15...250	75...370	10000
policarbonat	3,0	20	85	7000
cauciuc natur	84	230	1330	30000
cauciuc siliconic	-	1000... 6000	30000	106000
teflon	-	7,6	21	46
Mylar	-	0,025	0,046	70

Creşterea permeabilităţii membranei faţă de oxigen determină şi un exces de transport de apă prin membrană (a se vedea tabelul 1), care duce la modificarea concentraţiei electrolitului şi deci la modificarea parametrilor funcţionali ai senzorului.

3.1 *Parametrii funcţionali ai senzorilor amperometrici*

3.1.1 Curentul rezidual

Este curentul electric generat de senzor în absenţa oxigenului dizolvat. Un curent rezidual mic şi stabil în timp poate fi compensat electric.

3.1.2 Limita de detecţie

Este concentraţia minimă de oxigen măsurabilă şi este determinată de sensibilitatea senzorului şi de valoarea curentului rezidual.

3.1.3 Timpul de răspuns

Este intervalul de timp în care curentul electric generat de senzor ajunge la 90% din valoarea curentului electric maxim generat de senzor la o anumită temperatură a mediului de măsurat.

3.1.4 Abaterea de la linearitate

Este diferenţa dintre valoarea concentraţiei de oxigen dizolvat, C_i pentru o anumită valoare a curentului electric generat de senzor şi valoarea de concentraţie de pe dreapta de etalonare (utilizând, eventual, ecuaţia dreptei celei mai probabile), C_0 corespunzătoare aceleaşi valori a curentului electric.

3.1.5 Sensibilitatea

Este definită de tangenta dreptei de calibrare şi se calculează ca raportul dintre variaţia de curent electric şi variaţia de concentraţie de oxigen dizolvat. Sensibilitatea este direct proporţională cu suprafaţa catodului şi cu permeabilitatea membranei şi invers proporţională cu grosimea acesteia. În cazul senzorilor cu catod plan de suprafaţă mare, grosimea stratului de electrolitic este neglijabilă.

3.1.6 Variaţia sensibilităţii senzorului cu temperatura

Coeficientul de variaţie a sensibilităţii cu temperatura este definit de raportul dintre diferenţa de sensibilitate a senzorului la două temperaturi diferite şi diferenţa de temperatură:

$$\varphi = (S_{T1} - S_{T2}) / (T_1 - T_2)$$

Reprezentând grafic log φ în funcţie de $1/T$ se obţine o dreaptă similară celei prezentate în fig.2.

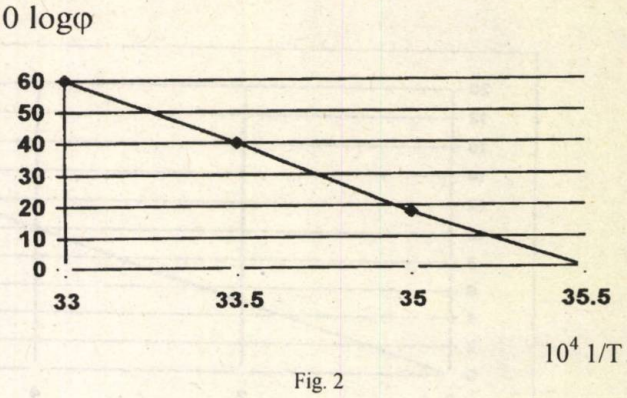


Fig. 2

Influenţa temperaturii asupra sensibilităţii senzorului are o importanţă practică deosebită. Un senzor sensibil la variaţia temperaturii mediului în care se face măsurarea poate fi utilizat doar în condiţii de termostatare deosebite, restrângându-se posibilităţile de utilizare ale acestuia.

Problema se rezolvă prin compensarea automată a variaţiei cu temperatura folosind circuite cu termistoare [10] sau circuite cu amplificatoare operaţionale şi termistoare [11].

Majoritatea aparatelor comercializate în prezent lucrează pe acest principiu (aparatele firmelor WTW, Beckman, Electronic Instruments Limited, Yelloow-Springs, Messtronik, Mettler etc.).

Trebuie semnalat că practic compensarea se realizează doar parţial, deoarece caracteristica sistemului de compensare nu coincide perfect cu cea a senzorului, caracteristică ce poate suferi modificări semnificative la înlocuirea membranei sau a electrolitului.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Nagel K.H.*, Electrochem.Acta 4, 1961
[2] *Dahle O.*,Chem. Ing. TECHN., 56, 1984, pg. 225
[3] *Kekedy L.*, Revista de Chimie 27, 1976, pg. 245
[4] *Todt F.*, Angew. Chemie, 67, 1955, pg. 266
[5] *Clark L.*, J. Appl. Phisiol., 6, 1953
[6] *Mancy*, Okun, Reilley,J.Electroanal.chem., 1962, pg. 65
[7] *Krebs W.*, Electrozi de oxigen în sisteme de fermentare, 1972, pg.782
[8] *KokR.*, Canadian Journal Chem.,36, 1973, pg. 473
[9] *Ross J.*,J.Pure Appl. Chem., 36, 1973, pg. 473

Posibilitatea determinării traseului fierului în prefabricatele din beton armat, folosind traductorul Hall

AVRAM HELER *

Abstract: *The Hall effect the multiplier and the Hall probe are presented. The geometric dimensions and the characteristics of the Hall probe built by the author are also presented. The experimental results of the tests performed using the probe are given for several applications: iron tracing in reinforced concrete prefabricated parts, concrete layer thickness measurements in reinforced concrete parts and identifying the parts with different reinforcement iron cross-sections.*

Résumé: *On présent l'effect Hall, le multiplicateur et le capteur Hall. On donne les diménsions géométriques et les caractéristiques d'un capteur Hall que l'auteur a construit. On donne aussi les résultats expérimentaux obtenu avec ce capteur en déterminant le traçé du fer dans des parts préfabriquées à béton armé, l'épaisseur du béton qui couvre l'armature et les portions de l'armature à séctions transversales dissemblables.*

1 Traductorul Hall

Un asemenea traductor se poate realiza pe baza efectului Hall. Acest efect face parte din efectele galvanomagnetice, efecte ce apar în corpurile conductoare sau semiconductoare, când acestea sunt supuse simultan acțiunii unui câmp electric şi a unui câmp magnetic. Efectele galvanomagnetice sunt mai pronunțate în materialele semiconductoare. Efectul Hall, ca fenomen fizic, constă în modificarea câmpului electric (respectiv al densității de curent) dintr-un corp, conductor sau semiconductor, când acesta este parcurs de un curent electric (deci supus unui câmp electric) şi se găseşte plasat transversal într-un câmp magnetic exterior.

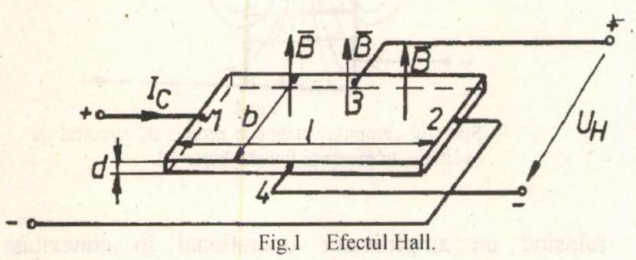


Fig.1 Efectul Hall.

În fig. 1 este prezentată o plăcuță paralelipipedică semiconductoare, de lungime *l* mai mare decât lățimea *b* (în general $l >> 2$) străbătută longitudinal de un curent electric I_C (deci un câmp electric) şi plasată într-un câmp magnetic de inducție $\bar{B}$ cu liniile de câmp perpendiculare pe suprafața plăcuței.

Efectul Hall constă în apariția, între două puncte simetrice, de pe fețele 3 şi 4 ale plăcuței semiconductoare (aflată în condițiile de mai sus) a unei diferențe de potențial V_H, a cărei expresie[1] este:

$$U_H = \frac{R_H}{d} I_C B \qquad (1)$$

în care:

- U_H tensiunea (electromotoare) Hall, în [V] ;
- R_H constanta Hall a materialului semiconductor, în [V × m/A × T];
- d grosimea plăcuței semiconductoare, în [m] ;
- I_C curentul electric, denumit curent de comandă, în [A];
- B inducția magnetică normală pe suprafața plăcuței, în care se află plăcuța semiconductoare (denumită şi sonda Hall), măsurată în [T].

Tensiunea Hall U_H poate fi măsurată cu un milivoltmetru, expresia acesteia putând fi scrisă [1] sub forma:

$$U_H = K_H I_C B \qquad (2)$$

Din rel. (2) rezultă caracterul de multiplicator, tensiunea Hall U_H (măsurată) fiind proporțională cu produsul a două mărimi, I_C şi B, factorul de proporționalitate fiind K_H. Acest factor este denumit sensibilitatea în sarcină a multiplicatorului Hall, în [V/A·T].

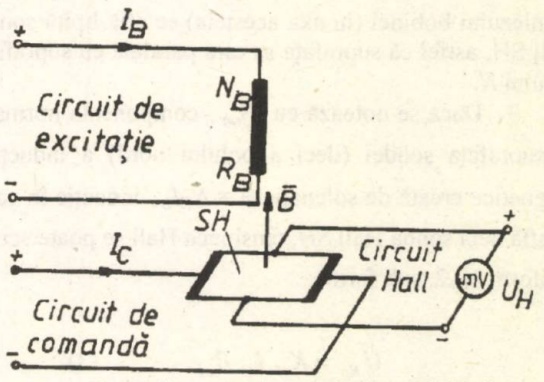


Fig.2 Schema electrică a multiplicatorului Hall.

* Universitatea Tehnică Timişoara, Facultatea Electrotehnică

În fig.2 este prezentată schema electrică a unui multiplicator Hall. Cu ocazia altor lucrări [1, 2, 3, 4, 5, 6] autorul a tratat în detaliu problema multiplicatorului Hall şi unele posibilităţi de folosire a acestuia la măsurarea, pe cale electrică, a unor mărimi neelectrice.

Multiplicatorul Hall poate fi utilizat ca traductor de mărimi neelectrice, dacă una din cele două mărimi, I_C sau B este menţinută constantă, iar cealaltă devine funcţie de mărimea de măsurat. În prezenta lucrare s-a menţinut constant curentul de comandă I_C (curent continuu), iar inducţia magnetică B, creată de circuitul de excitaţie este funcţie de mărimea neelectrică studiată.

2 Circuitul de excitaţie al traductorului Hall

Acesta este format dintr-o bobină solenoidală, de lungime l_b ,formată din N_B spire parcurse de curentul continuu I_B având miezul feromagnetic MF de secţiune circulară cu diametrul D (fig.3). Pe faţa polului nord (N)

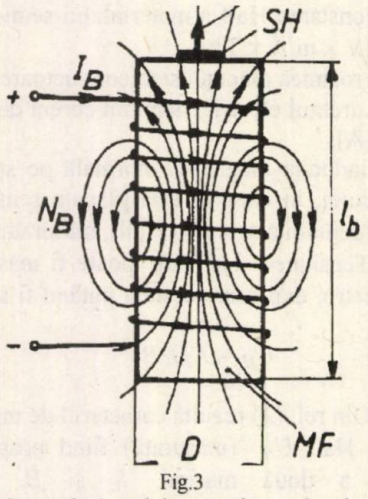


Fig.3
Spectrul câmpului magnetic, produs de circuitul de excitaţie, în lipsa fierului beton.

al miezului bobinei (în axa acesteia) se află lipită sonda Hall SH, astfel că suprafaţa sa este paralelă cu suprafaţa polului N.

Dacă se notează cu B_{on} , componenta normală la suprafaţa sondei (deci a polului nord) a inducţiei magnetice creată de solenaţia $\theta = N_B I_B$, inducţie în care se află deci sonda Hall SH, tensiunea Hall se poate scrie, conform rel.2, sub forma:

$$U_{Ho} = K_H \, I_C \, B_{on} \qquad (3)$$

unde, I_C este curentul continuu din circuitul de comandă al sondei Hall. S-a notat cu U_{H0} tensiunea Hall măsurată, în situaţia când, în vecinătatea miezului MF, nu există corpuri feromagnetice.

3 Posibilitatea determinării traseului armăturii feromagnetice în elemente prefabricate din beton armat

Dacă în vecinătatea polului nord (în axa bobinei) la distanţa δ de suprafaţa acestuia, se aduce un corp feromagnetic M (o bară rotundă de diametru $\varnothing$) atunci se modifică spectrul câmpului magnetic, la $\theta = I_B N_B$ = constant, în sensul că M concentrează liniile de câmp magnetic (fig.4). În aceste noi condiţii creşte cu ΔB_n inducţia magnetică B_{on}, în care se află sonda Hall, ceea ce conduce la creşterea tensiunii Hall U_{Ho} cu ΔU_H , putându-se scrie:

$$U_H = K_H I_C (B_{on} + \Delta B_n) = K_H I_C B_{on} + K_H I_C \Delta B_n = \\ = U_{H0} + \Delta U_H \qquad (4)$$

dacă I_C este menţinut constant.

La $\theta = N_B I_B$ = constant şi I_c = constant, tensiunea U_{Ho} este o mărime constantă, iar ΔU_{Ho} o mărime ce depinde de δ, de diametrul $\varnothing$ al barei feromagnetice M, precum şi de poziţia acestei bare faţă de axa bobinei (deci de x). Se poate scrie deci:

$$\Delta U_H = f(\delta, \varnothing, x) \qquad (5)$$

Această tensiune ΔU_H, poate fi măsurată

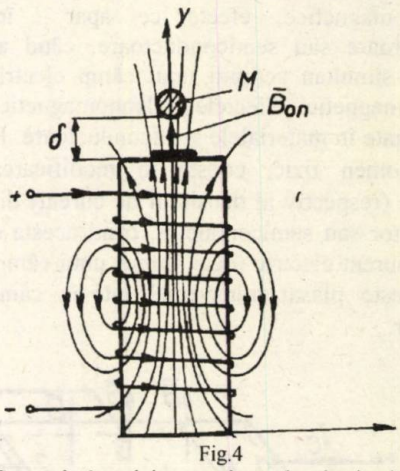


Fig.4
Spectrul câmpului magnetic produs de circuitul de excitaţie, în prezenţa fierului beton M.

folosind un amplificator operaţional în conexiune consumator, care realizează şi compensarea lui U_{Ho}, sau cu ajutorul unui circuit de deplasare a nivelului urmat de un amplificator.

Dacă θ, I_C, δ şi $\varnothing$ sunt mărimi constante, atunci $\Delta U_H = f_1(x)$, aceasta fiind maximă pentru $x = 0$. Ca urmare, deplasând circuitul de excitaţie (solidar cu acesta şi sonda Hall) în vecinătatea armăturii unui

element prefabricat, deci pe suprafața acestuia (δ = ct.) după o astfel de direcție încât de-a lungul ei ΔU_H să fie mereu maximă, se determină traseul armăturii (a fierului beton).Traseul armăturii se identifică cu direcția după care a fost deplasat circuitul de excitație (deci și *SH*), pentru ca ΔU_H să fie mereu maximă, când θ, I_C, δ (grosimea stratului de beton ce acoperă armătura, considerat uniform) și $\varnothing$ sunt constante.

Odată determinat traseul fierului beton din elementul prefabricat (x = 0) și considerând uniform stratul de beton ce acoperă fierul beton (deci δ = ct.) atunci, la $\varnothing$ și I_C constante, se obține $\Delta U_H = f_2(\varnothing)$, iar dacă se cunoaște $\varnothing$, atunci la x = 0, I_C =ct. și $\varnothing$ = ct., rezultă $\Delta U_H = f_3(\delta)$.

Din cele de mai sus rezultă posibilitatea realizării unui astfel de traductor Hall, la care tensiunea ΔU_H, măsurată printr-un procedeu corespunzător, să fie o măsură a lui $\varnothing$ (diametrul fierului beton), la x = 0 și δ = ct., respectiv a lui δ (grosimea stratului de beton ce acoperă fierul) la x = 0 și $\varnothing$ = ct. (cunoscut).

4 Rezultate experimentale

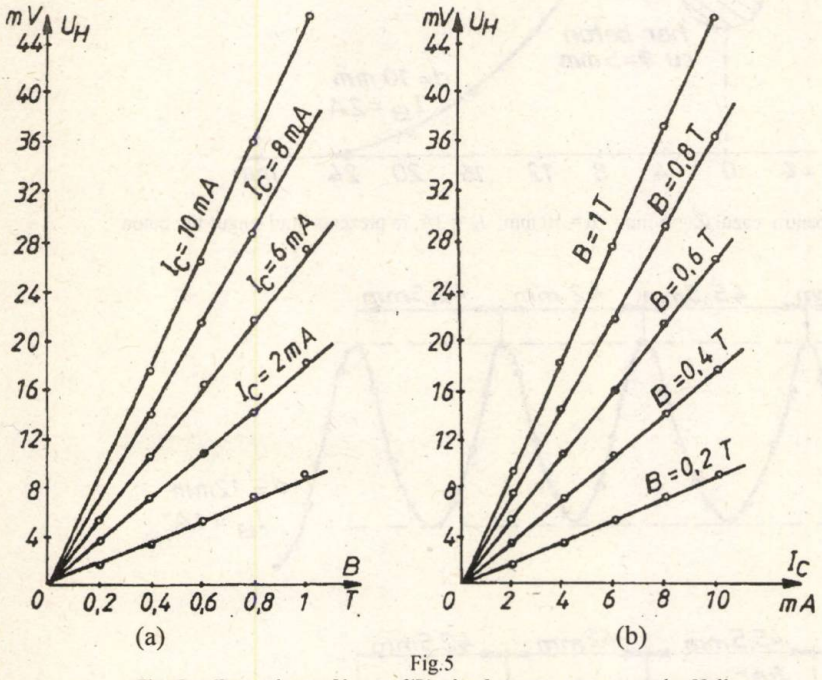


Fig.5

Fig. 5.*a*. Dependența $U_H = f(B)$ la I_c = ct. pentru sonda Hall din Ge-n.

Fig. 5.*b*. Dependența $U_H = f(I_c)$ la B = ct., (adică I_B = ct.) pentru

În cadrul laboratorului de Electrotehnică și mașini electrice, din facultatea de Electrotehnică, a fost realizat un traductor Hall, având D = 38,5 mm; l_b = 103 mm; N_B = 1000 spire; plăcuța semiconductoare din Ge-n (obținut de la I.P.R.S- Băneasa). Sonda Hall a fost confecționată și etalonată de autor. Dependențele $U_H = f(I_B)$ la I_C = constant $U_H = f(I_C)$ la B = constant, obținute experimental pentru sonda Hall realizată, sunt prezentate în fig. 5*a*, respectiv 5*b*. Pentru creerea câmpului magnetic de inducție B, s-a folosit un electromagnet Weiss.

De remarcat dependențele lineare $U_H = f(B)$ și $U_H = f(I_C)$ ceea ce înseamnă (conform rel. 2) o sensibilitate în sarcină K = constant, la I_C respectiv B constant. La determinările experimentale, efectuate în continuare, prezintă importanță sensibilitatea traductorului Hall, adică produsul (KI_C), inducția magnetică fiind mărimea ce se modifică, odată cu deplasarea sondei Hall pe suprafața elementului prefabricat. Pentru sonda Hall din Ge-n, la I_C = 10 mA, din fig. 4 *a*, rezultă KI_C = 45 mV/T.

Autorul a dispus și de sondă Siemens, tip SV-200/III, la care I_{cn} = 25 mA și $K_H \geq$ 10 V/A×T, rezultând $K_H I_{cn} \geq$ 250 mV/T, deci mult mai sensibilă ca sonda realizată din Ge-n indigen.

Având în vedere că betonul (fără armătură metalică) se comportă, din punct de vedere magnetic ca și lemnul, grosimea δ a stratului de beton ce acoperă armătura (fierul beton) a fost materializată în laborator printr-o scândură din lemn (având diferite grosimi δ) pe care au fost fixate bucăți de fier beton rotund (secțiunea circulară) de diferite diametre $\varnothing$.

În fig. 6. se prezintă dependența $U_H = f(I_B)$ pentru trei valori a lui δ deci a grosimii scândurii (δ = 5 mm, 10 mm și ∞), deci distanțe diferite între sonda Hall și fierul beton de diametru $\varnothing$ = 5 mm.

Fierul beton a fost fixat în axa bobinei, deci la x = 0 și $y = l_b + \delta$ (fig.4). Ca sondă Hall a fost utilizată sonda Hall tip Siemens, cu I_C =50 mA (constant). Din fig.6 rezultă că la I_C = ct. și I_B = ct. tensiunea Hall scade pe măsură ce δ crește și că dependența $U_H = f(I_B)$ este lineară.

În fig.7 se prezintă dependența $U_H = f(x)$ pentru cazul unui fier beton cu $\varnothing$= 5 mm, iar δ = 10 mm și I_B = 3A, originea axelor fiind luată în axa bobinei cu N_B = 1000 spire (fig.4). În lipsa fierului beton s-a obținut U_{Ho} = 14 mV, rezultând conform rel. 4, pentru ΔU_H valoarea:

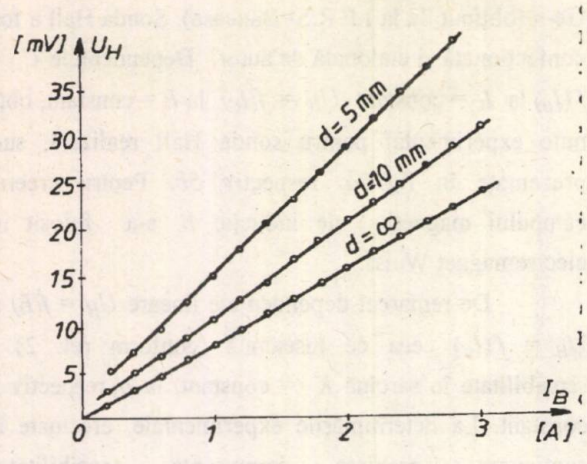


Fig.6 .
Dependența $U_H = f(I_B)$, parametrul fiind δ, iar ∅ = 5 mm şi $x = 0$.

$$\Delta U_H = U_{max} - U_{Ho} = 21{,}03\text{-}14 = 7{,}03 \text{ mV}$$

Figura 8 prezintă dependența $U_H = f(x)$ pentru cazul a 5 bucăți fier beton, cu ∅ = 5 mm, situate paralel, în acelaşi plan, la δ = 12 mm. Traductorul Hall (deci sonda Hall) a fost deplasată după axa OX la y δ = 12 mm, originea axelor fiind luată arbitrar. Curentul de excitație I_B = 1A, deci $I_B N_B$ = 1000 amperspire.

Pentru a studia posibilitatea determinării porțiunilor de fier beton, de secțiuni diferite (atacate de rugină, spre exemplu) a fost realizat un fier beton de 30 cm, format din 3 tronsoane cu ∅ =3 - 6 - 10 mm şi lungime 10 cm. Acest fier beton a fost fixat pe o scândurică de lemn, de grosime 10 mm, astfel că distanța de la axa fierului beton (de secțiune circulară) la suprafața sondei Hall este δ =15 mm.

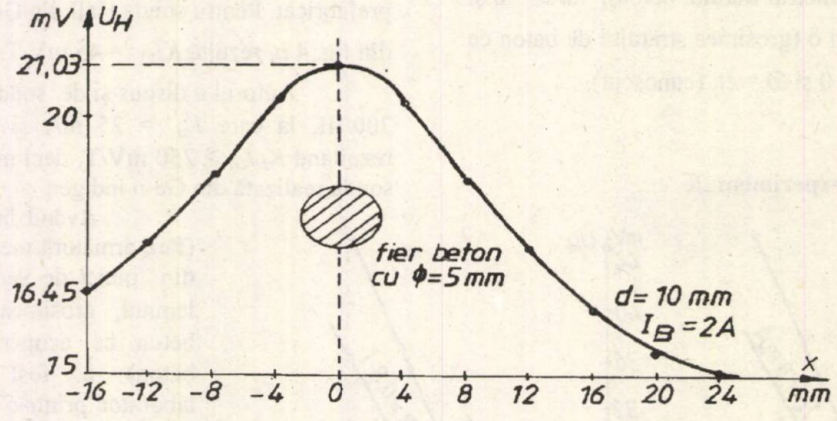


Fig.7. Dependența $U_H = f(x)$ pentru cazul ∅ = 5 mm; δ = 10 mm; I_B = 3A, în prezența unui singur fier beton

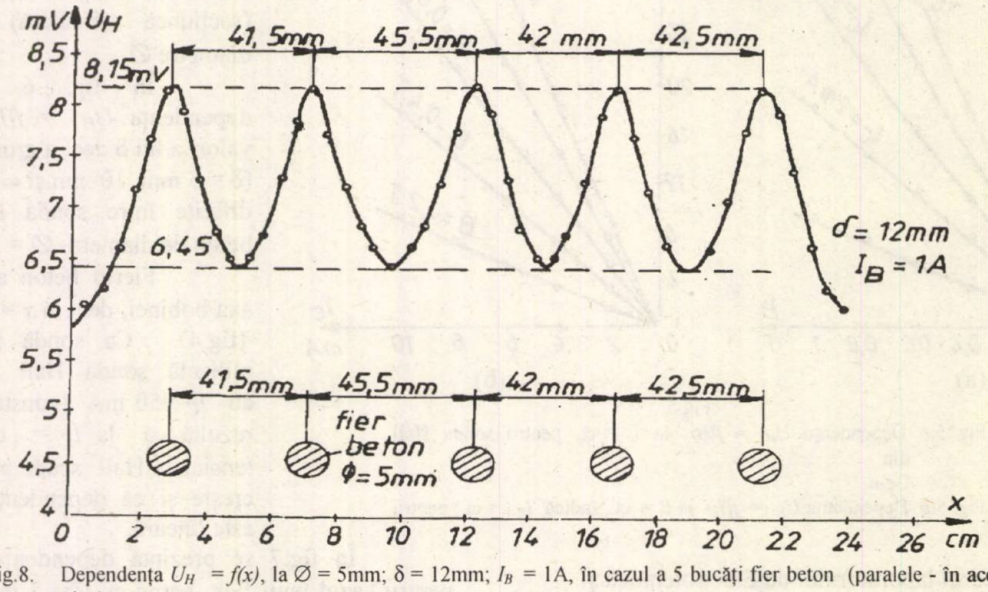


Fig.8. Dependența $U_H = f(x)$, la ∅ = 5mm; δ = 12mm; I_B = 1A, în cazul a 5 bucăți fier beton (paralele - în acelaşi plan).

Deplasând traductorul (deci sonda Hall) în lungul fierului beton, s-a măsurat tensiunea Hall U_H, pentru cazul I_B = 1A, rezultând diagrama din fig.9. Ca sondă Hall a fost folosită cea din Ge-n (realizată de autor) care la I_B = 1A şi I_C = 10 mA, are U_{Ho} = 0,85 mV. Din graficele prezentate în fig.9 rezultă ΔU_{H3} = 1,46 mV;

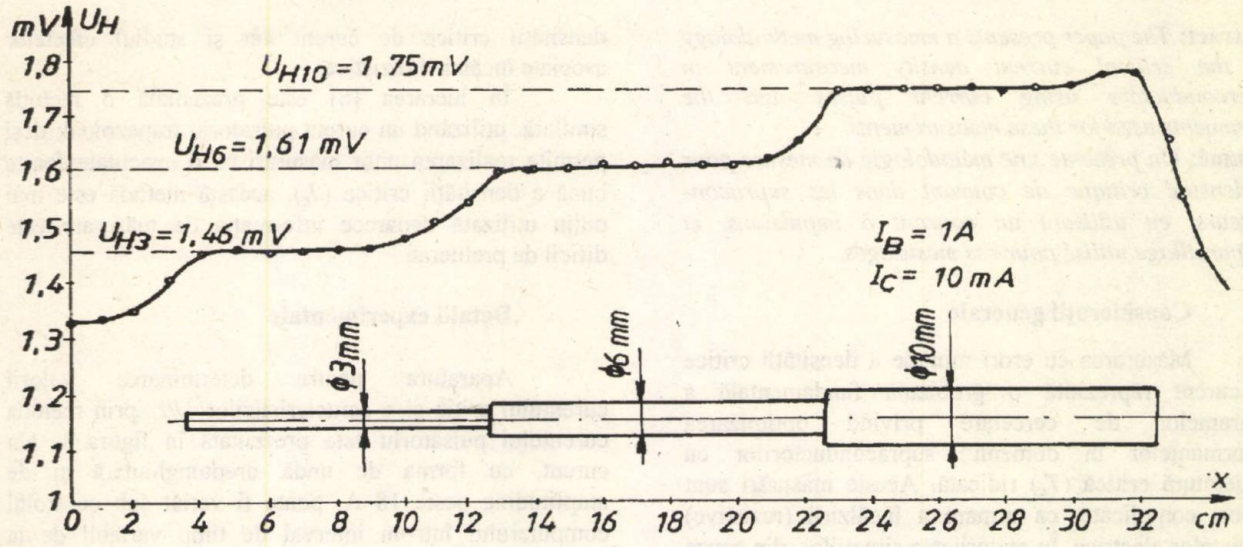


Fig.9

Dependenţa $U_H = f(x)$, la I_B = 1A; δ = 15 mm, în cazul unui fier beton de lungime totală 30 cm, format din 3 tronsoane cu ∅ = 3 - 6 - 10 mm.

ΔU_{H6}=1,61mV, respectiv ΔU_{H10} = 1,75mV,corespunzător celor trei tronsoane ale fierului beton.

5 Concluzii

Rezultatele experimentale, prezentate mai sus, confirmă posibilitatea folosirii traductorului Hall la determinarea traseului fierului din prefabricatele din beton armat, precum şi a variaţiei secţiunii acestuia în lungul său (fig.9).

Toate măsurările şi concluziile ce au rezultat, se referă la cazul când grosimea stratului de acoperire cu beton, spre exterior, a fierului beton este aceeaşi peste tot (δ = constant).

Sensibilitatea traductorului Hall poate fi mărită prin folosirea unor inducţii magnetice B_{on} mai mari, ceea ce presupune solenaţii $I_B N_B$ mai mari, deci greutate mai mare şi putere electrică necesară alimentării circuitului de excitaţie mai mare. Ar putea fi luată în considerare şi solenaţia cu magnet permanent, care să asigure pe B_{on}, eliminându-se astfel bobina cu N_B spire şi sursa necesară obţinerii lui I_B. Sensibilitatea traductorului Hall poate fi mărită şi prin amplificarea corespunzătoare a tensiunii Hall U_H, respectiv ΔU_H . Dacă I_C este o mărime alternativ sinusoidală, atunci U_H va fi tot sinusoidală, deci, condiţiile de amplificare sunt şi mai bune.

În privinţa sondei Hall, e de preferat cea de Ge-n, la care I_C este mic (10 ... 20 mA), putându-se realiza o sursă de alimentare cu putere mică, chiar o baterie galvanică.

Precizia traductorului Hall depinde practic de precizia cu care se măsoară tensiunea Hall U_H, respectiv ΔU_H.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Heler, A.* Contribuţii teoretice şi experimentale privind folosirea efectelor galvanomagnetice din materiale semiconductoare, la măsurarea puterilor electrice. Teză de doctorat. I.P.Timişoara 1966.

[2] *Heler , A. Lăpuşan, V.* Măsurarea deplasărilor mici cu ajutorul multiplicatoarelor galvanomagnetice. În: Metrlogia aplicată, vol. 16, nr.6, 1969, pag.264-268.

[3] *Heler,A., Daba, D.* Înregistrarea unor vibraţii mecanice cu ajutorul traductorului Hall, realizat cu material semiconductor indigen. În: Electrotehnica, nr.3, martie 1971, pag.106-108.

[4] *Heler,A.* Posibilitatea măsurării debitului cu ajutorul traductoarelor Hall. În: Calitatea producţiei şi metrologie, vol.2 (19) nr.4, 1972, pag.212-215.

[5] *Heler,A.* Posibilitatea măsurării şi reglării nivelului la lichide, folosind traductrul Hall . În: Metrologia aplicată, vol.25, nr.4, 1978, pag.187-189.

[6] *Heler,* A. Dispozitiv rotametric cu traductor Hall pentru măsurarea, înregistrarea şi reglarea debitelor la lichide: În: Metrologia aplicată, vol.26, nr.3, 1979, pag.111-114.

Măsurări ale curentului critic în supraconductori

FĂNEL IACOBESCU*

Abstract: *The paper presents a measuring methodology for the critical current density measurement in superconductors using current pulses and the instruments used for these measurements.*

Résumé: *On présente une métodologie de mesure pour la denstité critique de courant dans les supraconducteurs, en utilisant un courant à impulsions, et l'appareillage utilisé pour ces mesurages.*

Considerații generale

Măsurarea cu erori minime a densității critice de curent reprezintă o problemă fundamentală a programelor de cercetare privind optimizarea performanțelor în domeniul supraconductorilor cu temperatură critică (T_c) ridicată. Aceste măsurări sunt deseori complicate, ca urmare a încălzirii (rezistive) contactelor electrice. În majoritatea situațiilor, din cauza fluxului termic astfel generat, are loc o scădere importantă a curentului critic măsurat.

Pentru soluționarea acestei probleme, un colectiv de cercetători ai Universității din Birmingham a conceput un sistem (utilizând curent pulsatoriu) care permite atât măsurarea cu erori nesemnificative a densității critice de curent cât şi studiul efectelor asociate încălzirii rezistive.

În lucrarea [6] este prezentată o metodă similară, utilizând un curent pulsatoriu trapezoidal; deşi permite realizarea unor măsurări cu o exactitate foarte bună a densității critice (J_c), această metodă este mai puțin utilizată deoarece informația de măsurare este dificil de prelucrat.

Detalii experimentale

Aparatura pentru determinarea valorii curentului critic şi a caracteristicilor *U/I* prin metoda curentului pulsatoriu este prezentată în figura 1. Un curent, cu forma de undă dreptunghiulară şi de amplitudine peste 18 A, poate fi variat sub controlul computerului într-un interval de timp variabil de la câteva sute de microsecunde până la câteva secunde. Amplitudinea formei de undă a curentului a fost monotorizată, pentru aceasta utilizându-se un element sensibil pentru măsurarea tensiunii la bornele unui rezistor aflat în serie cu proba.

Tensiunea în zona centrală a probei a fost măsurată cu exactitate ridicată, utilizându-se ampli-

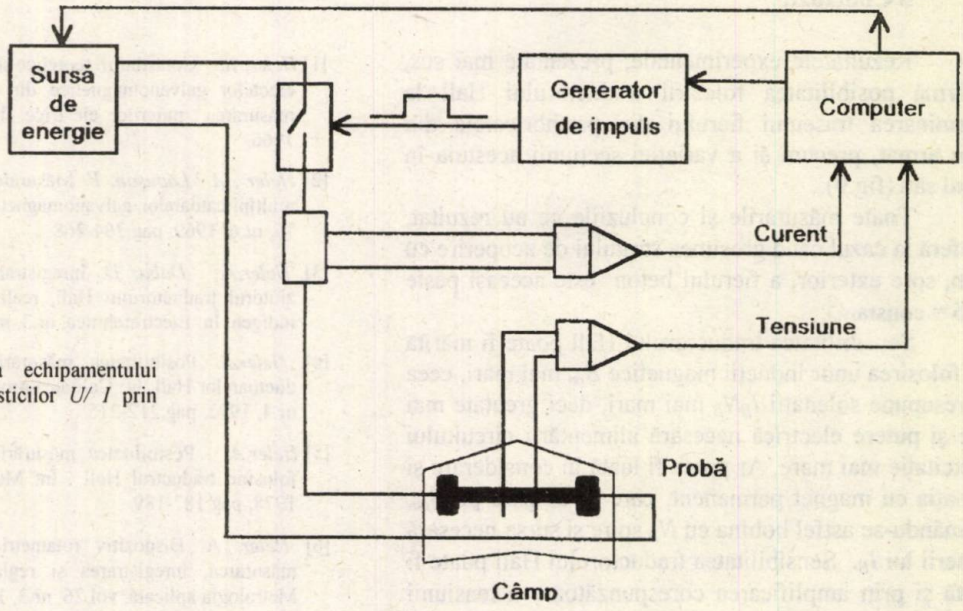


Fig.1
Reprezentarea schematică a echipamentului pentru determinarea caracteristicilor *U/ I* prin metoda curentului pulsatoriu

* Inspecția interjudețeană de Metrologie, Craiova

ficatoare de înaltă performanţă, având raportul de suprimare a semnalului în fază de valori ridicate (≈ 120 dB...10 kHz). Un grad înalt de suprimare a semnalului în fază este esenţial pentru diferitele tensiuni aplicate la bornele probelor (tensiuni de ordinul a câtorva sute de nanovolţi). Formele de undă ale tensiunii au fost digitizate, iar semnalul a fost înregistrat (s-a realizat şi o mediere a semnalului). Formele de undă caracteristice ale tensiunii pulsatorii sunt prezentate în figura 2*a* şi 2*b*

curentul care o străbate. Pentru câteva probe s-a stabilit un nou echilibru dinamic al tensiunii în timp ce, în cazul altor probe, încălzirea a determinat distrugerea probelor (cu excepţia cazurilor când curentul pulsatoriu a fost limitat ca durată şi valoare).

În cazul măsurărilor efectuate în intervale largi de temperatură (utilizându-se răcirea cu gaz) încălzirea contactelor electrice a constituit o problemă specifică importantă. În cazul măsurărilor efectuate în azot lichid sau heliu, dificultăţile care au apărut au fost mult reduse.

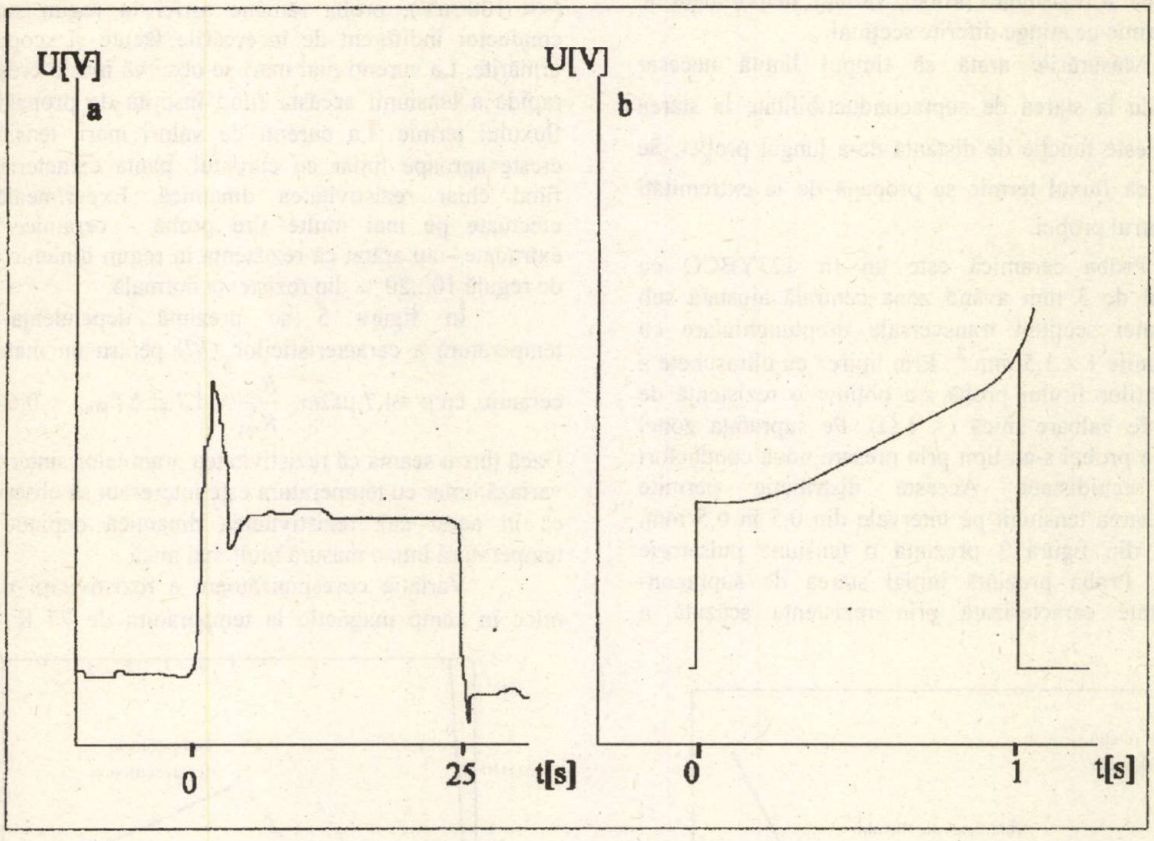


Fig. 2a şi 2b . Variaţia în timp a tensiunii la bornele probei; *a)*- regimul tranzitoriu iniţial (caracteristice) şi b) - efectul încălzirii (rezistive) determinate de rezistenţă de contact

Se observă că iniţial apare un regim tranzitoriu cu durata de circa 1μs, regim ce poate avea atât efecte pozitive cât şi negative. Aceste regimuri tranzitorii pot fi generate fie de imperfecţiuni ale frecvenţei aparaturii de amplificare, fie de curenţii induşi în conductorii de legătură ai probei de către câmpul magnetic (şi care determină modificarea caracteristicilor *U(I),* fie de modificării ale valorii fluxului magnetic.

Regimul tranzitoriu iniţial este urmat de un regim staţionar (în care tensiunea este aproximativ constantă), acesta caracterizând proprietăţile intrinseci ale probei. La intervale de timp suficient de mari, tensiunea creşte din nou; această creştere este determinată de căldura care difuzează de la contacte către zona centrală a probei. Concomitent se produce o scădere locală a densităţii critice de curent. Comportarea ulterioară a probei depinde de proprietăţile acesteia şi de

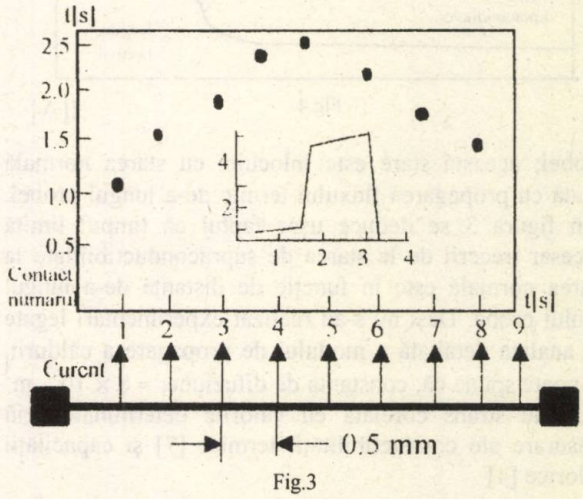


Fig.3

Putem spune că metoda curentului pulsatoriu este singura care permite determinarea cu exactitate maximă a valorii curentului critic în intervale largi de temperatură.

În figura 3 se prezintă rezultatele experimentului efectuat pentru punerea în evidență a propagării căldurii (rezistive) de la extremitățile probei către zona centrală. Proba prezintă nouă conductori lipiți prin presare, punctele din grafic corespunzând variației instantanee a rezistenței probei, variație determinată de fluxul termic ce atinge diferite secțiuni.

Măsurările arată că timpul limită necesar trecerii de la starea de supraconductibilitate la starea normală este funcție de distanța de-a lungul probei. Se observă că fluxul termic se propagă de la extremități către centrul probei.

Proba ceramică este un fir 123YBCO cu diametrul de 3 mm având zona centrală ajustată sub forma unei secțiuni transversale dreptunghiulare cu dimensiunile $1 \times 1{,}5$ mm ^{2}. Prin lipirea cu ultrasunete a extremităților firului probă s-a obținut o rezistență de contact de valoare mică (< 1 Ω). Pe suprafața zonei centrale a probei s-au lipit prin presare nouă conductori dispuși echidistant. Această distribuție permite monitorizarea tensiunii pe intervale din 0,5 în 0,5 mm. Graficul din figura 3 prezintă o tensiune pulsatorie normală. Proba prezintă inițial starea de supraconductibilitate caracterizată prin rezistența scăzută a

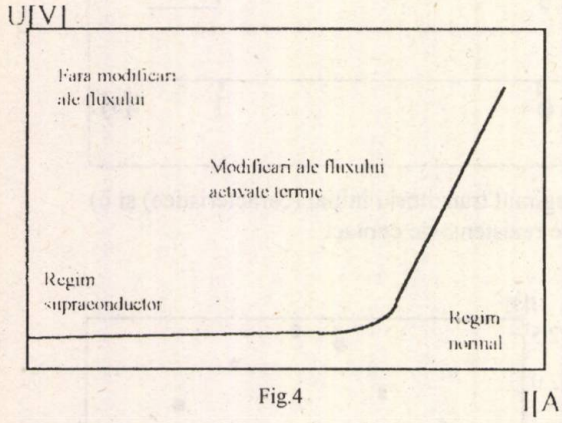


Fig.4

probei; această stare este înlocuită cu starea normală odată cu propagarea fluxului termic de-a lungul probei. Din figura 3 se deduce ușor faptul că timpul limită necesar trecerii de la starea de supraconductibilitate la starea normală este în funcție de distanța de-a lungul firului probă. Deși nu s-au realizat experimentări legate de analiza detaliată a modului de propagare a căldurii, se poate spune că, constanta de difuziune, $\approx 8 \times 10^{-7}$ m^2 s^{-1}, este strâns corelată cu valorile determinate prin măsurare ale conductibilității termice [7] și capacității calorice [4] .

În figura 4 este reprezentată caracteristica *U(I)*, evidențiindu-se trei zone:

Măsurări efectuate asupra probelor sinterizate

Figura 4 este o reprezentare schematică a caracteristicilor *U(I)*, pentru supraconductoare ceramice cu temperatură critică înaltă, în câmp magnetic de inducție nulă. La curenți mici orice tensiune aplicată la bornele probei este prea mică pentru a putea fi detectată (<< 100 nV); proba rămâne astfel în regim supraconductor indiferent de încercările făcute și scopurile urmărite. La curenți mai mari se observă însă o creștere rapidă a tensiunii aceasta fiind însoțită de propagarea fluxului termic. La curenți de valori mari, tensiunea crește aproape liniar cu curentul, panta caracteristicii fiind chiar rezistivitatea dinamică. Experimentările efectuate pe mai multe fire probă - ceramice sau extrudate - au arătat că rezistența în regim dinamic este de regulă 10...20 % din rezistența normală.

În figura 5 se prezintă dependența de temperatură a caracteristicilor *U(I)* pentru un material ceramic, cu ρ =4,7 μΩm, $\frac{R_{300}}{R_{300}} = 1{,}7$ și $\Delta T_{90/10} = 0{,}64$ K.

Dacă ținem seama că rezistivitatea granulelor sinterizate variază liniar cu temperatura este interesant să observăm că în acest caz rezistivitatea dinamică depinde de temperatură într-o măsură mult mai mică.

Variația corespunzătoare a rezistivității dinamice în câmp magnetic la temperatura de 77 K este

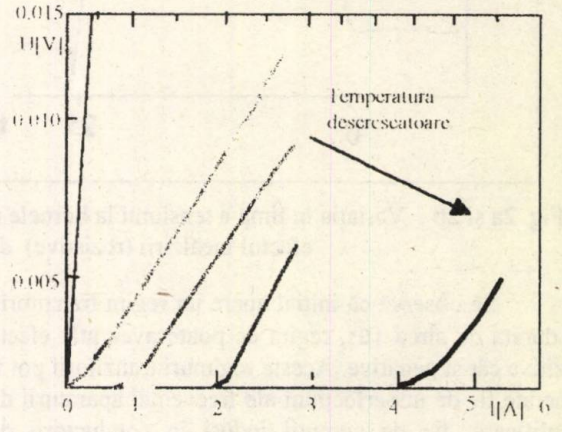


Fig.5

prezentată în fig. 7. Câmpuri magnetice cu valori ale inducției magnetice foarte mici (≈1 mT) pot determina o

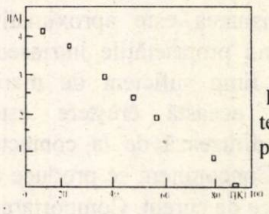


Fig. 6
Dependența curentului citic de temperatură pentru câteva probre caracteristice

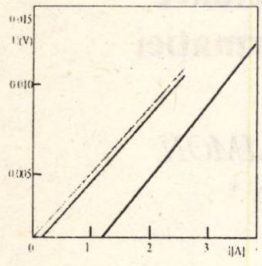
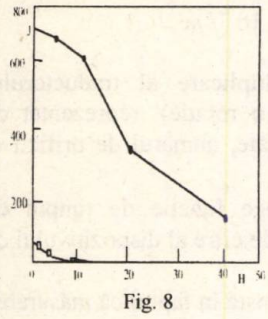


Fig. 7
Variația rezistivității, în câmp magnetic, în regim dinamic

scădere drastică a curentului electric. Această dependență puternică a curentului critic de câmpul



Variația densității critice efective de curent în câmp magnetic în cazul mai multor fire - probă
• fir extrudat cu diametru de 0,8 mm
□ cilindru cu diametru de 3 mm presat și sinterizat
J[Acm^{-2}] - densitate de curent
H[gauss] - câmp magnetic transversal

Fig. 8

magnetic este determinată în principal de orintarea aleatoare (dezordonată) a legăturilor dintre granule sinterizate. Mărimea rezistivității dinamice nu variază cu inducția câmpului magnetic; acest lucru poate fi dedus și din faptul că rezistențele intergranulare nu depind de inducția câmpului magnetic.

Figura 8 prezintă variația curentului critic în câmp magnetic, în cazul a două probe reprezentative, la temperatura de 77 K. Este important de precizat că, în absența câmpului magnetic exterior, curentul critic prezintă o scădere importantă determinată de câmpul magnetic propriu.

Variația densității critice de curent din probele ceramice fără înveliș pelicular, în câmp magnetic, nu depinde decât în foarte mică măsură de direcția câmpului magnetic relativ la sensul curentului. Pentru probele ceramice de calitate superioară, având raza de 1 mm și curentul critic mai mare de 100 Acm^{-2}, este important să se realizeze corecții ale variației densității critice de curent în câmp magnetic. Este posibil, de asemenea, ca în urma măsurărilor să obținem estimări ale valorii densității critice de curent în câmp magnetic de inducție zero [8]. Dacă se fac corecțiile care țin seama de acțiunea câmpurilor magnetice proprii, cele două metode conduc la aceleași valori.

Concluzii

Tehnicile de măsurare cu ajutorul curentului pulsatoriu asigură o exactitate maximă de determinare a curenților critici în supraconductori cu temperatura critică ridicată. În asemenea măsurări, de cele mai multe ori, se poate face distincție între regimul dinamic activat termic și regimul dinamic cvasiliniar (regim rezistiv). În interpretarea rezultatelor acestor măsurări este important să se țină seama de influența câmpurilor magnetice proprii produse de curentul de măsurat, acesta putând determina o scădere semnificativă a curentului critic, în special în cazul firelor de calitate superioară cu diametre mari.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Abell J. S., Shilds T. C., Wellhafer F., Taylor K. N &Holland D* -Fizica C (1988)
[2] *Clem J* -Fizica C (1988)
[3] *Colclough M. S., Abell J. S., Shilds T. C., Wellhafer F.& Button T.* -Criogenie (1990)
[4] *Inderhess S. E., Salamon M. B., Friedmann T. A.&Ginsberg D. M.* -Revista de fizică B (1987)
[5] *Kim Y. B., Hempstead C. F. & Strnad A. R.* -Revista de fizică B (1965)
[6] *Meisels R., Bungre S. S. & Caplin A. D.* -Materiale speciale (1989)
[7] *Morelli D. T., Heremans J. & Swets D. E.* -Revista de fizică B (1987)
[8] *O'Connor D. A.* - Criologie (1990)

Sistem de măsurare electrică a turației cu traductoare incrementale optice, cu prelucrare digitală a informației

BRĂNDUŞA PANTELIMON, CĂTĂLIN GRIGORAŞ *

Abstract: *The paper deals with the electric measurement of the number of turns using optical incremental transducers and digital processing of their output signal.*

Résumé: *L'article traite la question du mesurage électrique du nombre de tours en utilisant des capteurs différentiels optiques et le traitement numérique de l'information furni par ces capteurs.*

Introducere

Măsurarea digitală a turației reprezintă o aplicație particulară a măsurării digitale a frecvenței, constând în numărarea într-un anumit interval de timp a impulsurilor furnizate de traductor şi afişarea numerică a rezultatelor, sau achiziționarea acestora pe calculator pentru o eventuală prelucrare ulterioară. Spre deosebire de măsurarea frecvenței, unde rezultatul măsurării reprezintă numărul de cicli pe secundă, la măsurarea turației este utilă prezentarea rezultatului în rot/ min. Una dintre soluții, simplă şi eficientă, este utilizarea unui traductor cu impulsuri care produce 60 de impulsuri la fiecare rotație a axului, conectat la intrarea unui frecvențmetru digital având intervalul de timp de numărare de 1 sec. Unele tahometre digitale pot realiza şi alte funcții utile, cum ar fi: măsurarea raportului a două turații şi măsurarea alunecării. Schema bloc

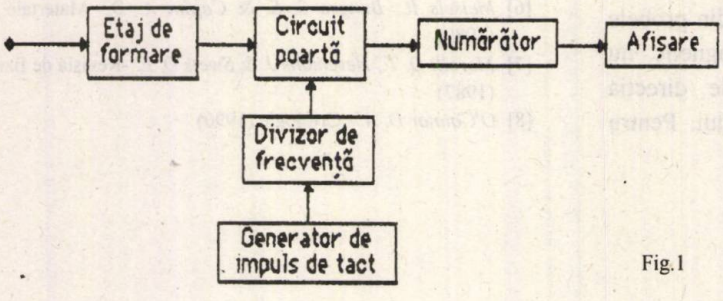


Fig.1

generală a unui tahometru digital este prezentată în figura 1.

Impulsurile furnizate de traductor sunt formate de etajul formator şi aplicate circuitului poartă, care în intervalul de timp T_m permite transmiterea lor la numărător. Timpul de măsurare T_m se prestabileşte cu ajutorul circuitului divizor de frecvență, pentru ca rezultatul să se obțină în rot / min:

$$T_m = 60 \text{ x } 10^{\alpha} / m$$

unde:

m factorul de multiplicare al traductorului (număr de impulsuri dat la o rotație), reprezentat de numărul de dinți al roții dințate, numărul de orificii al discului etc.;

α exponent: se alege funcție de timpul de măsurare dorit şi de numărul de cifre al dispozitivului de afişare.

Avantajul soluției constă în faptul că măsurarea se face prin mediere, ceea ce face ca indicația să nu fie afectată de fluctuațiile turației arborelui supus măsurării.

Alegerea şi motivarea soluției propuse

La proiectarea acestui sistem s-a optat pentru utilizarea traductorului incremental optic (optoelectronic) ținându-se cont de necesitățile de a măsura cât mai exact turația şi de a achiziționa pe calculator rezultatele măsurărilor, schema bloc a sistemului fiind prezentată în figura 2.

Practic, sistemul realizează transformarea turației în impulsuri electrice produse de către traductorul optoelectronic şi numărarea acestor impulsuri într-un interval de timp constant.

Partea electronică a fost realizată în scopul amplificării impulsurilor provenite de la traductorul optoelectronic, asigurându-se apoi numărarea, decodificarea şi transmisia serială a valorilor măsurate.

Pentru partea de intrare a traductorului s-a ales o soluție de preluare a mişcării pe cale mecanică, mişcarea urmând a fi transformată de traductor în impulsuri electrice.

S-a utilizat traductorul optoelectronic datorită avantajelor sale comparativ cu cel inductiv, de exemplu, şi anume : inerție a discului cu fante redusă, greutate mai

* Univesitatea "Politehnică " Bucureşti, Splaiul Independenței, 313

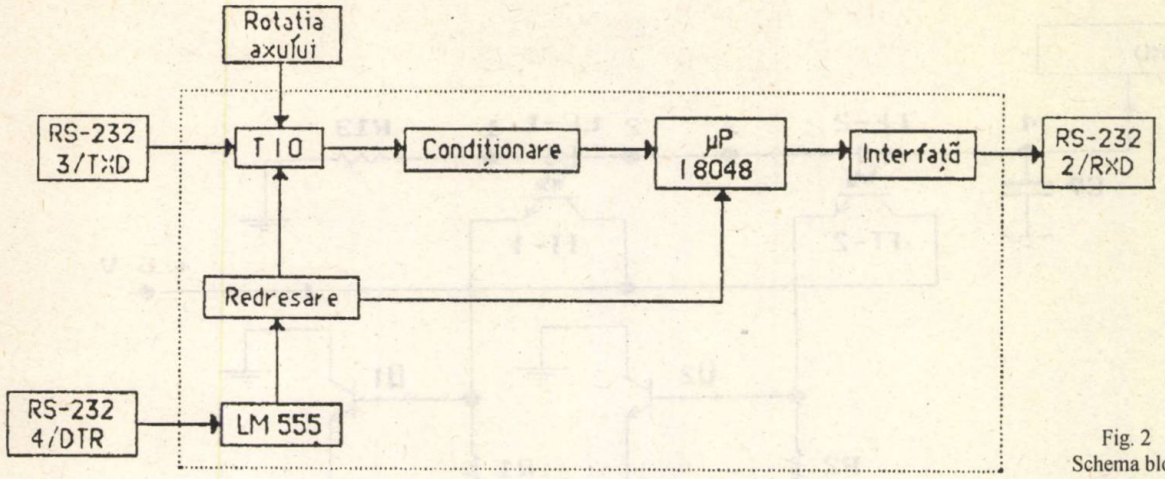


Fig. 2
Schema bloc

mică, piese mai puține în mişcare, de dimensiuni mai reduse, prelucrări mecanice mai simple, preț mai redus, posibilitatea folosirii unor subansamble deja realizate, obținându-se astfel simplificarea realizării practice.

Utilizarea traductoarelor digitale realizează totodată şi o serie de facilități specifice şi anume: uşurința producerii, manipulării şi stocării semnalelor digitale, înaltă precizie de convertire a mărimii neelectrice în mărime electrică discontinuă, imunitatea semnalului electric digital față de zgomotele magnetice, înaltă rezoluție în prezentarea rezultatului.

Funcția de divizare a timpului s-a realizat prin intermediul unui oscilator cu cristal cu quartz; am ales această variantă ținând cont de stabilitatea frecvenței, superioară în cazul cristalului de quartz, precum şi imunitatea sa la factorii de influență externi . Frecvența generată de oscilator este preluată de microcalculatorul integrat INTEL 8084, respectiv porturile rezervate XTAL (2, 3) ale acestuia .

Alimentarea în curent continuu a componentelor sistemului s-a realizat în urma conceperii blocului redresor - stabilizator de tensiune prezentat în fig.3

Pentru alimentarea optocuploarelor în a căror componență intră LED-uri cu emisie în infra-roşu şi fototranzistoare pentru infra-roşu, am conceput schema din figura 3 :

Un avantaj major care s-a avut în vedere la proiectarea acestui sistem a fost achiziționarea şi prelucrarea pe computer a rezultatelor măsurărilor, alegerea intervalului de măsurare selectându-se prin soft.

Pentru aceasta s-a introdus în componența traductorului un disc de mică inerție cu 60 de fante care împreună cu ansamblul optoelectronic realizează un număr de 60 de impulsuri la o rotație completă .

Numărul de impulsuri numărate în fiecare secundă este :

$$n = N_f \times x \qquad [1.1]$$

unde:

- N_f numărul de fante ale discului traductorului ($N_f = 60$)

- x numărul de rotații efectuate într-o secundă de discul cu fante, astfel încât x reprezintă tocmai turația exprimată în [rot / sec].

Din relația [1.1] vom obține:

$$x = n / 60 \text{ [rot / sec]} \qquad [1.2]$$

astfel că turația X exprimată în [rot / min] va fi :

$$X = 60 \times x = 60 \times n / 60 = n \text{ [rot / min]} \qquad [1.3]$$

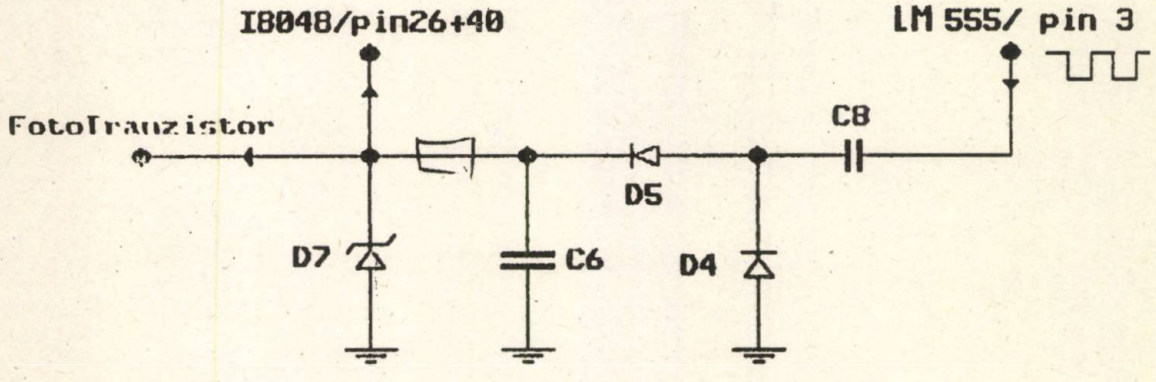


Fig 3. Blocul redresor / stabilizator de tensiune

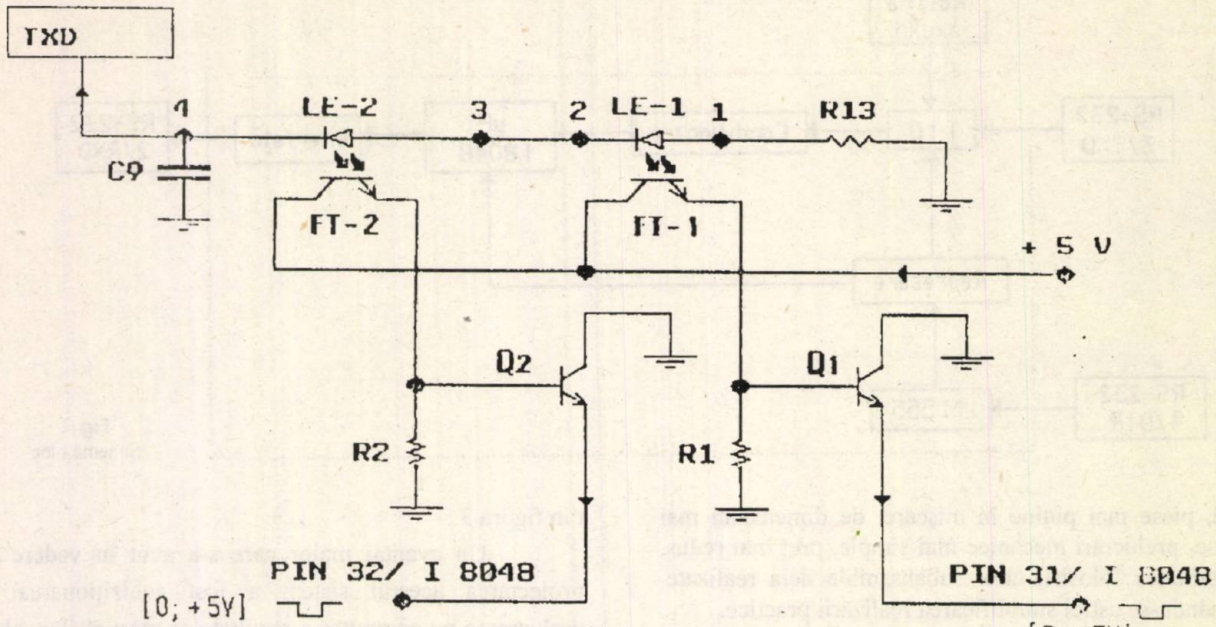


Fig.3

Posibilităţi de extindere a configuraţiei sistemului

Avându-se în vedere particularităţile microcalculatorului integrat INTEL 8084, respectiv cele 2 porturi P 1 şi P 2 de câte 8 intrări fiecare, şi facilităţile de programe ale acestuia, la acest sistem de măsurare electrică a turaţiei cu traductoare incrementale optice cu prelucrare digitală a informaţiei se pot cupla până la 8 traductoare incrementale optice şi implicit se pot citi simultan informaţiile furnizate de acestea, astfel încât se pot supraveghea în acelaşi moment mai multe turaţii, respectiv evoluţii în timp ale vitezelor de rotaţie ale mai multor corpuri (dispozitive rotative, motoare, generatoare, seismografe, tomografe, strunguri etc.), sistemul prezentat în această lucrare putând fi extins nelimitat prin proiectarea interfeţei ce să permită cuplarea la computer a unor dispozitive automatizate comandate prin soft pe baza informaţiilor primare furnizate de traductoarele incrementale optice.

În cadrul Universităţii " Politehnica " din Bucureşti, Facultatea de Electrotehnică, Secţia Metrologie - Sisteme de măsurare, una dintre multiplele teme de cercetare la care se lucrează deja cu succes o reprezintă extinderea facilităţilor acestui sistem.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Iliescu, C* şi colectiv - " Măsurări Electrice şi Electronice ", Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983
[2] *Iliescu, C* şi *Pantelimon, B* - " Sezori şi Traductoare ", Litografia UPB, Bucureşti, 1993
[3] *Sporea, D, Gălăţeanu, S* - " Circuite Optoelectronice ", Editura Militară, Bucureşti, 1986
[4] *Croitoru, V, Sofron, E* . - " Componentele şi Circuite Electronice ", Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1993
[5] " Sensors and Actuators " - colecţia de reviste din biblioteca Facultăţii de Electrotehnică
[6] The TTL Integrated Circuits, Data Book, Texas Instruments, 1985, 1987
[7] Burr- Brown - 1979, 1983, 1989, 1990 General Catalog
[8] Analog Devices - " Data Acquisition Products Catalog ", 1992, 1993

MASĂ CU CELULĂ DE AMORTIZARE A ŞOCURILOR ŞI VIBRAŢIILOR

IOAN BOIERIU *

Abstract: *The paper presents an original solution for the absorption of shocks and vibrations that may interfere with the weighing process.The damping table, which was patentend, may be used to protect the weighing instruments against shocks and vibrations and may contribute to increase the correctness of the weighing results.*

Résumé : *L'article présente une solution originale pour l'amortisment des vibrations et des chocs qui peuvent intervenir dans le processus de mesurage de la masse. La table d'amortissement, qui a obtenu un brevet d'invention, peut être utilisée pour proteger les appareils de pesage contre les chocs et les vibrations et peut contribuer à la correction des résultats du pesage.*

Introducere

Lucrarea se referă la o masă de amortizare a şocurilor şi vibraţiilor necesară industriei constructoare de maşini şi industriei chimice care folosesc aparate sensibile şi ultrasensibile ca: balanţe analitice şi microanalitice precum şi alte aparate pentru mărirea fiabilităţii lor şi a siguranţei în exploatare în limite metrologice. Masa de amortizare a vibraţiilor şi şocurilor are un principiu de amortizare în trepte atât în plan orizontal cât şi vertical, astfel încât sistemul să nu poată intra în rezonanţă.

Lucrarea abordează problema reducerii importurilor şi costurilor în ţară. Acest aspect este neglijat în prezent şi constituie o sursă de economii importantă în etapa actuală de tranziţie a economiei de piaţă. Situaţia este îmbunătăţită substanţial prin utilizarea soluţiei propusă de prezenta comunicare, ce indică modul de rezolvarea a problemei de reducere a şocurilor şi vibraţiilor prin soluţia propusă, la îndemâna oricărei întreprineri, rezolvându-se astfel, cu cheltuieli economice minime şi cu efecte tehnice şi avantaje maxime, diferite cazuri concrete de înlăturare a şocurilor şi vibraţiilor industriale.

Prezentarea problemei

În scopul amortizării şocurilor şi vibraţiilor se cunosc diferite sisteme de amortizare, dar bazate pe elemente diferite(arcuri, cauciuc, pernă de aer şi altele) cu o aplicare limitată [1], [2], [3].

Cele care au un singur sistem de amortizare au dezavantajul că la o anumită greutate a aparatului şi o anumită frecvenţă a vibraţiilor, ele intră în rezonanţă, fapt care duce la alterarea preciziei de măsurare a aparatelor.

De asemenea, se mai cunosc diferite sisteme de amortizare pe pernă de aer sau arcuri, care au o mare instabilitate la orizontală (oscilează) şi nu amortizează vibraţiile şi şocurile transmise de vehicule în mişcare.

Scopul comunicării îl constituie îmbunătăţirea siguranţei în exploatarea şi a fiabilităţii aparatelor prin înlăturarea şocurilor şi vibraţiilor printr-o soluţie nouă şi originală [4].

Pentru creşterea fiabilităţii aparatelor de măsurat, autorul propune soluţia amortizării şocurilor şi a vibraţiilor în trei etape de amortizare în plan orizontal şi vertical, astfel ca sistemul să nu poată intra în rezonanţă şi să aibă un grad mare de amortizare, în diferite condiţii variabile industriale.

Problema pe care o rezolvă masa cu celulă de amortizare este o construcţie simplă şi robustă care are o limită mare de utilizare, în diferite condiţii concrete de şocuri şi vibraţii, cu un raport mare de amortizare şi o deplasare mică pe verticală. Masa cu celulă de amortizare înlătură dezavantajele sistemalor cunoscute prin aceea că masa bilelor şi masa de aşezare fiind reglabile, se pot adapta în diferite cazuri concrete, cu cheltuieli minime şi eficienţă maximă.

* S. C. Electroprecizia S. A. SĂCELE jud. BRAŞOV

Realizarea experimentală

Se dă în continuare un exemplu de realizare a mesei cu celulă de amortizare în fig. 1, 2, 3, 4 şi 5, care reprezintă:

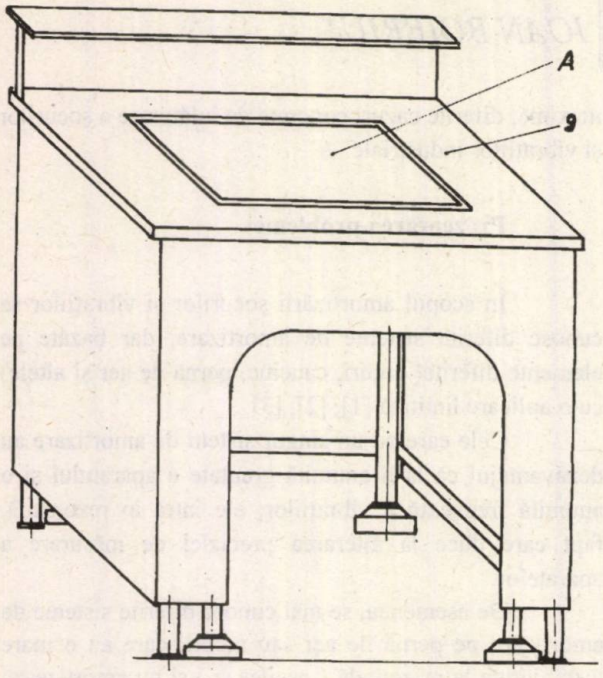


Fig. 1

Vedere de ansamblu (o masă cu o celulă de amortizare).

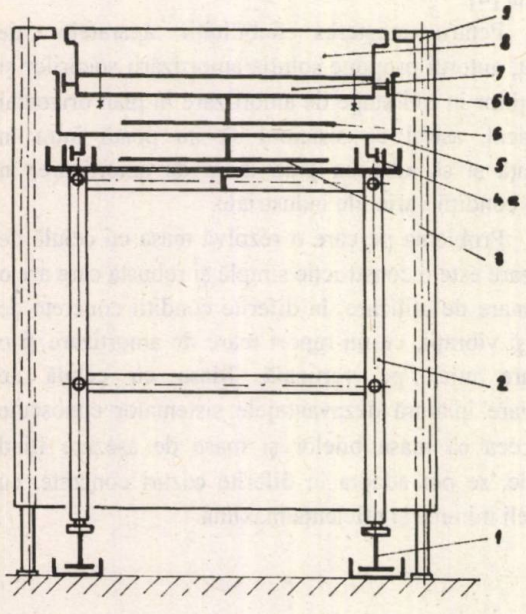


Fig. 2

Schema cinematică a principiului de amortizare.

fig.3: Secţiune transversală printr-o masă şi o celulă de amortizare, *varianta a.*

fig.4: Secţiune transversală printr-o masă şi o celulă de amortizare, *varianta b* şi *c*.

fig.5: Diferite moduri de combinare a celulelor într-o masă.

Conform fig.1, masa cu celulă de amortizare este formată dintr-o celulă de amortizare *A* care este înglobată într-o masă 9, celula de amortizare *A*, cu elemente de la 1 la 8 fiind complet izolată faţă de masa 9.

Schema cinematică

Principiul de amortizare cinematic este redat în fig.2, care funcţionează astfel:

Prima treaptă de amortizare în plan vertical se face printr-un cauciuc 1 peste care este aşezat un cadru 2.

A doua treptă de amortizare în plan vertical se face prin intermediul pâslei 3, aşezată peste cadrul 2. Nişte tampoane de cauciuc 4 *a* cu o cutie 5 se montează peste pâsla 3.

A treia treaptă de amortizare în plan vertical se face prin intermediul bilelor 6 introduse în cutia 5 peste care se aşază masa m_1 (suplimentară) 7 solidară cu masa 8. Tot sistemul de amortizare, se introduce în masa 9.

În plan orizontal prima treaptă de amortizare se produce prin tampoanele 4 *a* care ating numai lateral inelele solidare cu cadrul 2.

A doua treaptă de amortizare în plan orizontal se face prin intermediul bilelor 6 în punctul 6 *b*, între cutia 5 şi masa suplimentară 7 sau masa de aşezare 8, pe tot conturul lateral. Masa suplimentară 7 are rolul de a regla greutatea mesei de aşezare 8, astfel ca să evităm intrarea în rezonanţă a aparatului de o anumită frecvenţă. La acest lucru contribuie şi masa bilelor 6, care poate fi variabilă .

În fig.3 este redat un exemplu de realizare în *varianta a* la care cauciucul 1 este dur sau semidur. Cadrul 2 este o construcţie metalică simplă dar robustă, cu patru picioare reglabile cu şurub şi contrapiuliţă. Pâsla 3 care este aşezată pe toată suprafaţa cadrului 2 este de minim 30 mm şi poate fi formată din mai multe straturi. După necesitate, pâsla 3 poate fi înlocuită cu plută sau cauciuc moale. Atenţie deosebită se va da tampoanelor 4 din cauciuc moale, care trebuie să atingă numai lateral inelele solidare cu cadrul 2, pentru amortizarea pe orizontală. Bilele 6 din cutia 5 vor fi de granulaţie g = 1...5, dar cu condiţia ca n să fie mai mic sau egal, g mai mic sau egal n+1. Bilele pot fi din nisip cernut, polistiren sau din oţel, după necesitate. Bilele fac ca forţa de vibraţie sau şoc să se descompună haotic şi să se micşoreze, să nu ajungă la aparat, astfel ca sistemul

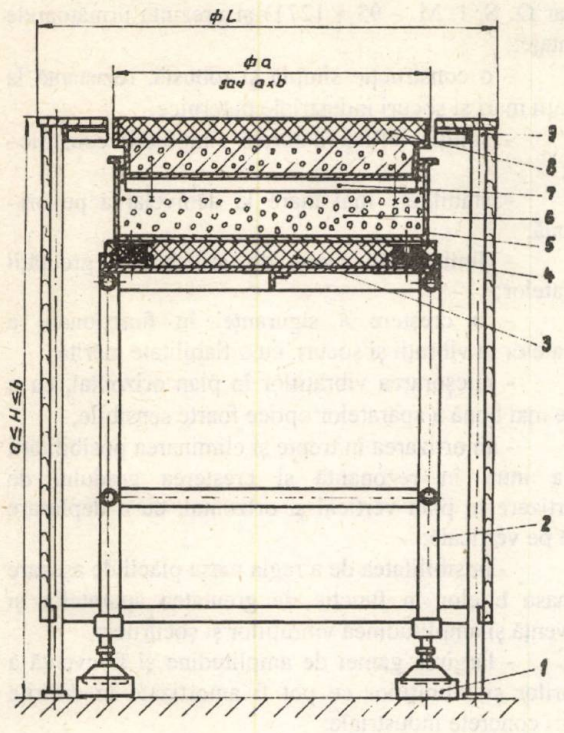


Fig.3

să nu poată intra în rezonanță. Masa bilelor va varia, după necesitate. De asemenea, masa suplimentară 7 variază ca greutate, în funcție de greutatea aparatului ce se așază pe masa 8 și de mărimea frecvenței vibrațiilor și șocurilor. Aparatul ce se așază pe masa 8 va îndeplini condiția: $G \times$ aparat mai mic sau egal 1/2 (m_1+m_2); acest lucru se realizează prin variația greutății m_1 a masei suplimentare 7.

În fig. 4 *b* și 4 *c* este redat un exemplu de

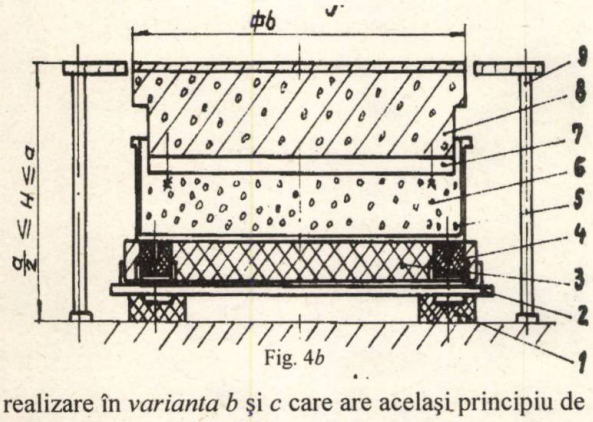


Fig. 4*b*

realizare în *varianta b* și *c* care are același principiu de amortizare, având următoarele modificări constructive:

Pentru aparatele înalte, cadrul 2 se reduce la o placă groasă de oțel, ca în fig. 4 *b*. În cazul când înălțimea aparatelor este mai mare decât *b*, se apelează la una din combinațiile din fig. 5 (*a,b,c,d,e,f,g*). Pentru aparatele grele, supuse la șocuri și vibrații mari, cadrul 2 se înlocuiește cu un cadru de profil *U* din beton armat, de greutate 0,53 t, ca în fig.4 *c*. După caz, cadrul 2 poate fi un bloc paralelipipedic din beton armat. În aceste cazuri, cauciucul 1 va fi înlocuit cu vibrașocuri sau

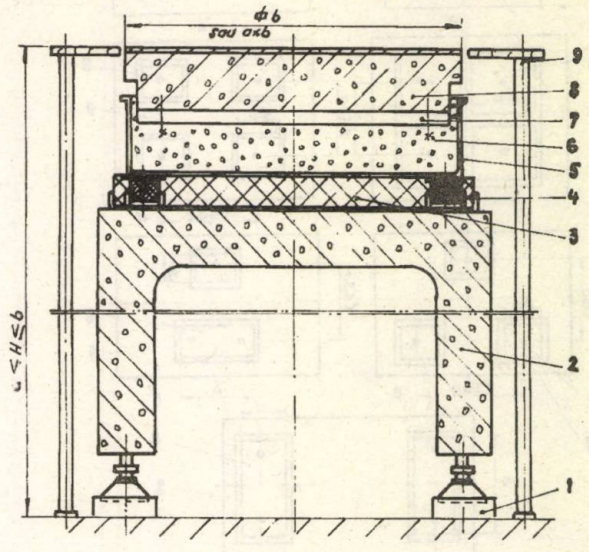


Fig. 4*c*

arcuri corespunzătoare, după necesitate.

Pâsla 3 poate fi înlocuită cu cauciuc semidur sau dur. Bilele 6 vor fi din oțel de 5...10 mm, cu condiția ca *n* să fie mai mic sau egal ∅ bilă sau mai mic sau egal *n*+1 fiind într-o baie de ulei până la nivelul bilelor.

Această variantă, 4 *c*, se folosește acolo unde avem șocuri puternice, în cadrul halelor industriale de forjă sau prese și necesită determinări concrete, pe baza principiului arătat în fig.2.

Posibilități de extindere

Se poate face extinderea aplicării invenției, conform principiului, și la utilaje industriale sensibile la vibrații și șocuri sau la camere antivibrante, cu suprafețe destul de mari. Lărgirea gamei de utilizare se face combinând mai multe celule într-o suprafață sau prin mărirea suprafeței mesei de așezare la *a* de la fig.5, cu condiția determinărilor concrete de la fiecare treaptă de amortizare. Rezultate bune se obțin pentru *G* mai mic sau egal 1 t/m_2 de celulă. În cazul în care vrem să obținem rezultate superioare, elementul 1 cauciuc se va înlocui cu arcuri sau vibroșocuri corespunzătoare. Mărimea plăcii de așezare se poate alege pentru *a* =

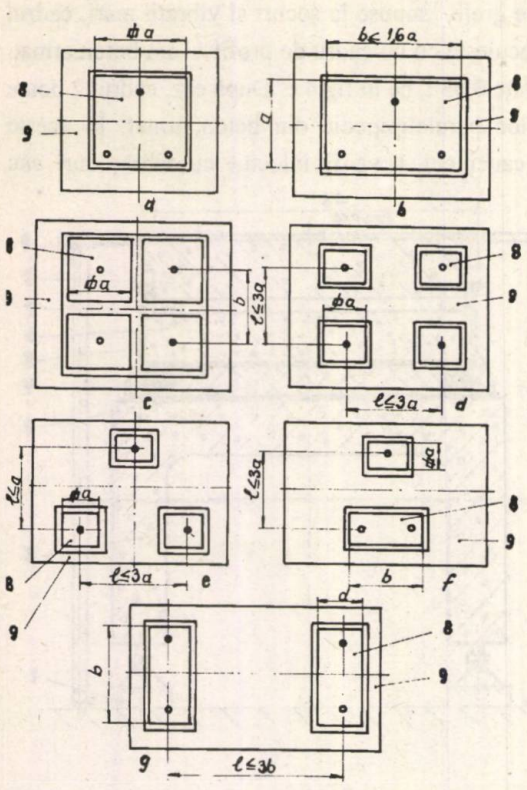


Fig. 5 (*a; b; c; d; e; f; g*)

300...600 mm şi b = 500...960 mm, cu condiţia ca b să fie mai mic sau egal 1,6 $a \times H \times$ mediu fină = 800 mm.

Concluzii

Masa cu celulă de amortizare este asimilată, în prezent, în fabricaţie la S. C. Electroprecizia S. A. - Săcele, Str. Parcului, nr. 18, Braşov, lucrarea fiind brevetabilă (Dosar O. S. I. M. - 93 - 1271) şi prezintă următoarele avantaje:

- o construcţie simplă şi robustă, rezistentă la vibraţii mari şi şocuri industriale puternice;
- soluţie ieftină datorată simplităţii constructive;
- stabilitate mai mare la denivelarea pe orizontală;
- limită mai mare de utilizare a greutăţii aparatelor;
- o creştere a siguranţei în funcţionare a aparatelor la vibraţii şi şocuri, cu o fiabilitate mărită;
- micşorarea vibraţiilor în plan orizontal, cu o citire mai bună a aparatelor optice foarte sensibile;
- amortizarea în trepte şi eliminarea posibilităţii de a intra în rezonanţă şi creşterea gradului de amortizare în plan vertical şi orizontal, cu o deplasare mică pe verticală;
- posibilitatea de a regla masa plăcii de aşezare şi masa bilelor în funcţie de greutatea aparatelor şi frecvenţă şi amplitudinea vibraţiilor şi şocurilor;
- lărgirea gamei de amplitudine şi frecvenţă a şocurilor şi vibraţiilor ce pot fi amortizate în diferite cazuri concrete industriale;
- reducerea importului de astfel de sisteme de amortizare care au un preţ foarte mare.

BIBLIOGRAFIE:

[1] Brevet R.S.R. - nr. 85941
[2] Brevet R.F.G. - nr. 2244724
[3] Prospect firma Sartorius Wagetische 6810
[4] Şocuri şi vibraţii de Cyril Harris şi alţii, Editura Tehnică 1968.

NOTE

In legătură cu calitatea Institutului Național de Metrologie (INM) de prestator de servicii metrologice şi asigurarea trasabilității etalonărilor executate pentru beneficiari

INM primeşte frecvent, din partea unor întreprinderi cu sisteme proprii de asigurare a calității, solicitări de confirmare a acreditării institutului, similare celor trimise şi altor societăți colaboratoare (furnizori, subcontractanți de produse şi servicii), în conformitate cu seria de standarde ISO 9000.

Pentru informarea celor interesați de acest subiect, precum şi ca răspuns unor posibile întrebări viitoare, publicăm în continuare poziția INM în legătură cu eventuala acreditare a laboratoarelor sale.

*

1. INM este un institut de specialitate, desemnat prin reglementări oficiale (HG nr. 225/1995, potrivit Ordonanței nr. 20/1992 aprobată prin Legea nr. 11/1994) să întrețină şi să dezvolte etaloanele naționale ale României, să transmită unitățile de măsură la etaloanele secundare şi să efectueze etalonări şi verificări metrologice.

2. Cerința esențială ce se impune laboratoarelor (naționale) de metrologie este demonstrarea trasabilității la etaloanele internaționale a etalonărilor pe care le efectuează.

INM beneficiază de calitatea României de stat membru al Convenției Internaționale a Metrului, având acces la etaloanele Biroului Internațional de Măsuri şi Greutăți, Sèvres, Franța. INM participă de asemenea la comparații internaționale de etaloane, în cadrul unor organizații regionale de metrologie, programe PHARE şi altele, acorduri bilaterale cu instituții din alte țări.

In acest fel, există premisele necesare pentru asigurarea trasabilității internaționale a etalonărilor pe care le execută INM.

3. Etaloanele naționale ale României sunt atestate pe baza unor proceduri adecvate şi stabilite prin hotărâri de guvern. Pentru fiecare etalon național există un dosar cuprinzător, care documentează trasabilitatea sa la etaloanele internaționale.

4. INM este membru al COOMET (Organizația de cooperare în metrologie a țărilor din centrul şi estul Europei), are relații de colaborare cu EUROMET şi cu EAL, beneficiază de un contract de asistență din partea PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) finanțat de guvernul Germaniei.

5. Ca orice institut național de metrologie, INM execută etalonări la cerere şi eliberează certificate de etalonare, cu caracter oficial, pentru solicitanți atât din țară cât şi din străinătate, care sunt recunoscute de către toți beneficiarii. Etalonările sunt efectuate pe baza unor norme tehnice publicate, sau în unele cazuri conform unor proceduri stabilite de comun acord cu beneficiarul. Există de asemenea proceduri interne privitoare la întocmirea certificatelor de etalonare.

6. In lumina celor de mai sus, INM consideră că o acreditare a laboratoarelor sale (de către unul din organismele străine - singurele competente de a confirma trasabilitatea internațională) nu ar conduce la o îmbunătățire semnificativă a calității prestărilor acestora.

De altfel, această poziție este în concordanță cu punctul de vedere al unor organisme de prestigiu din străinătate, cum este cel exprimat în documentul EUROMET "Ghid privitor la acreditarea institutelor naționale de metrologie şi la certificarea sistemelor de calitate" (publicat în continuare).

7. Cu toate acestea, INM nu exclude posibilitatea ca în viitor unele din laboratoarele sale să fie evaluate de un institut străin competent şi acreditate, dacă acest lucru va fi apreciat ca oportun. De asemenea, INM îşi elaborează în prezent un sistem propriu de management al calității, pe baza unui Manual de Asigurare a Calității, în conformitate cu Ghidul ISO-IEC 25 şi standardul EN 45 001.

Dr. ing. *Aurel Millea*

Directorul INM

Ghid privitor la acreditarea Institutelor Naţionale de Metrologie şi la certificarea sistemelor lor de calitate

In şedinţa din 18-19 mai 1995 a comitetului EUROMET, cu participarea a 15 ţări vest-europene, precum şi a unor organizaţii internaţionale ca BIPM, BIML şi COOMET, s-a discutat printre altele prob'ema managementului de calitate al Institutelor Naţionale de Metrologie. S-a adoptat un ghid în legătură cu acest subiect, a cărui traducere integrală este dată în cele ce urmează.

1 Introducere

In zilele noastre aproape toate ramurile industriale, laboratoarele şi instituţiile prestatoare de servicii sunt chestionate în legătură cu sistemele lor de calitate. Mai mult decât atât, în domeniul acreditării laboratoarelor şi al certificării sistemelor de calitate, un criteriu important este existenţa dovedită a trasabilităţii internaţionale în etalonări, măsurări, testări şi analize. Aceasta conduce la necesitatea unei transparenţe şi încrederi totale în lanţurile de trasabilitate naţională şi internaţională, ca şi în operaţiile din cadrul Institutelor Naţionale de Metrologie (INM), până la metrologia de vârf, aşa cum este organizată şi menţinută în cadrul CIPM.

Acest document constituie un ghid pentru posibilele strategii care să fie urmate de un INM.

2 Acreditarea şi certificarea

Trebuie să facem distincţie între acreditare şi certificarea unui sistem de calitate.

Acreditarea este confirmarea competenţei de către o organizaţie oficială, după o evaluare şi o reevaluare pe baza unor criterii stabilite în standarde internaţionale pentru:

- un laborator, de a etalona, testa, măsura sau analiza un aparat, produs sau substanţă;
- un organism de inspecţie, de a inspecta o stare, o facilitate, un serviciu sau produse;
- un organism de certificare, de a examina fie un produs faţă de cerinţe specificate, fie sistemul de calitate al unei unităţi industriale, al unui institut sau al unui prestator de servicii.

Criteriile aplicabile sunt formulate în următoarele standarde:

- EN 45001/ISO Guide 25
- EN 45004
- EN 45011 şi EN 45012.

Organizaţiile acreditate sunt autorizate să elibereze certificate sau rapoarte, sub emblema organismului de acreditare, care să releve cele constatate. Prin aceasta se înţelege că:

- un laborator eliberează un certificat de etalonare sau un raport de încercare;
- un organism de inspecţie eliberează un raport de inspecţie;
- un organism de certificare a sistemelor de calitate eliberează un certificat privitor la

conformitatea sistemului de asigurare a calității cu standardele; un organism de certificare a produselor eliberează un certificat referitor la conformitatea unui produs cu specificațiile tehnice (certificat de produs).

Intrucât pentru un laborator, şi cu siguranță, într-o anumită măsură, şi pentru un organism de inspecție, competența tehnică are o influență majoră asupra rezultatelor, şi în acest fel asupra credibilității sale, se pune un accent puternic pe evaluarea posibilităților tehnice.

Acreditarea unui laborator înseamnă că laboratorul satisface toate criteriile AC (asigurarea calității) ale ISO 9000, atât timp cât acestea sunt aplicabile în acel laborator, şi satisface de asemenea criteriile de competență tehnică ale EN 45001/ISO Guide 25.

Certificarea unui sistem de calitate este o acțiune a unei terțe părți care demonstrează că sistemul este conform cu un standard specificat (în mod obişnuit unul din seria ISO 9000).

In cadrul evaluării unei unități industriale, a unui institut sau a unui prestator de servicii, de către un organism de certificare, se verifică numai sistemul de calitate. Acesta poate include, bineînțeles, laboratorul acelei unități industriale, al acelui institut sau al acelei instituții prestatoare de servicii. Insă, în acest caz, nu se spune nimic despre competența tehnică; unui astfel de laborator nu-i este permis să elibereze certificate pentru un produs sub emblema organismului de acreditare.

Certificarea unui sistem de calitate al unui laborator înseamnă că acest sistem satisface criteriile AC ale seriei ISO 9000 (seria EN 29000).

3 Recomandări pentru un INM

1. In figura alăturată este prezentată o rețea adecvată asigurării competenței metrologice dintr-o țară.

2. Se recomandă ca acele INM care execută etalonări şi testări pentru beneficiari externi (de regulă, publicate în broşuri etc.) să satisfacă condițiile din Ghidul ISO-IEC 25, "Cerințe generale asupra competenței laboratoarelor de etalonare şi testare" (echivalent cu EN 45001). Cu toate acestea, fiecare INM trebuie să hotărască dacă doreşte acreditarea din partea unei terțe părți sau îşi demonstrează conformitatea prin alte mijloace, cum ar fi o declarație în nume propriu că INM satisface cerințele Ghidului ISO 25 sau standardul EN 45001, susținută de o documentație relevantă. Operațiile în acord cu criteriile Ghidului ISO-IEC 25/EN 45001 includ demonstrarea trasabilității la etaloane (inter)naționale.

3. Pentru operațiile de nivel metrologic mai înalt (cum ar fi dezvoltarea şi menținerea etaloanelor naționale), un INM poate dori să-şi demonstreze competența metrologică folosind o varietate de mijloace. Insă, pentru stabilirea unei situații transparente şi sigure, este esențial ca trasabilitatea internațională şi comparabilitatea etaloanelor naționale să fie demonstrate, iar acest lucru se realizează cel mai bine prin comparări internaționale.

4. Demonstrarea trasabilității şi comparabilității se realizează prin publicarea de către BIPM în "Metrologia" a tuturor rezultatelor intercomparărilor, inclusiv a incertitudinilor măsurărilor, furnizate de INM.

Aceste intercomparări pot fi efectuate prin intermediul sau sub auspiciile BIPM, respectiv ale Comitetului Consultativ în domeniul vizat, sau ale unei organizații regionale (EUROMET, EC-Measurement and Testing Programme) sau printr-un acord bilateral.

5. Intercomparările efectuate de BIPM sau sub auspiciile CIPM (Comitetele Consultative) nu trebuie limitate la cele câteva mărimi de bază, ci trebuie extinse suplimentar la mărimi derivate relevante.

6. Orice alt tip de intercomparări efectuate de un INM trebuie raportate şi publicate.

7. De fapt, înainte să se facă publicarea, laboratoarele participante efectuează o examinare profesională. Aceasta poate fi considerată ca o formă de evaluare comparativă.

Beneficiile comparărilor internaţionale sunt mult mai mari decât rezultatele cantitative propriu-zise. In mod obişnuit, în proiectarea, executarea şi mai ales analiza operaţiilor efectuate, apar discuţii ample precum şi un "transfer de tehnologie", care are ca rezultat ridicarea nivelului procedurilor celor mai puţin experimentaţi participanţi la nivelul celor mai competente laboratoare.

8. Pentru dezvoltarea şi menţinerea etaloanelor naţionale, în special a etaloanelor primare, o acreditare completă conform Ghidului ISO-IEC 25/EN 45001 nu aduce nici un avantaj suplimentar pentru beneficiarii externi şi ar fi foarte dificil şi complicat ca această acreditare să fie realizată. De asemenea, în general, nu va apărea nici un profit suplimentar de natură comercială. La cel mai înalt nivel, există în fiecare ţară un regim de monopol.

Cu toate acestea, este recomandabil să se aplice câteva reguli de bază pentru stabilirea şi documentarea trasabilităţii. Aceste reguli pot fi preluate din criteriile de acreditare, ca cele menţionate în Ghidul ISO-IEC 25/EN 45001.

Astfel, pentru fiecare mărime şi domeniu asociat, în care laboratorul efectuează etalonări, institutul trebuie să elaboreze şi să actualizeze un dosar cuprinzând:

- numele persoanei care este însărcinată cu domeniul;

- schema trasabilităţii la SI;

- referinţe documentare care prezintă cercetarea, metodele etc.;

- înregistrările datelor în cadrul operaţiilor care conduc la atribuirea unei valori etalonului primar şi rezultatele acestor operaţii;

- incertitudinea atribuită valorii etalonului primar;

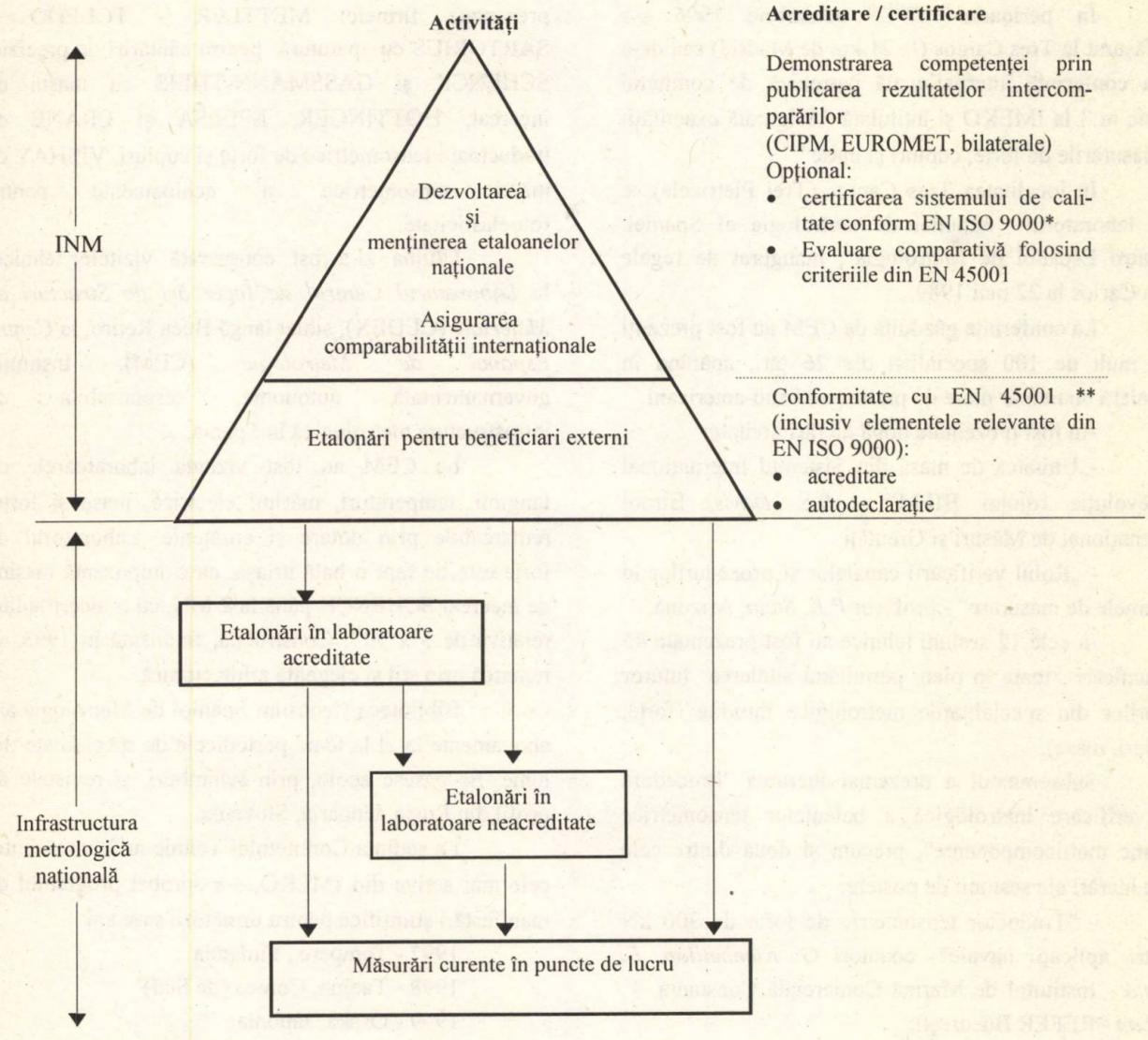
- referinţe la rezultatele comparărilor între laboratoare.

9. Unele INM pot dori să completeze această asigurare a consistenţei internaţionale cu demonstraţii suplimentare de competenţă. Unele se pot conforma cerinţelor ISO 9001, "Sisteme de calitate - Model pentru asigurarea calităţii în proiectare, dezvoltare, producţie şi instalare", şi pot solicita eventual certificarea de către o terţă parte a sistemelor lor de organizare a calităţii.

Alţii pot prefera să se bazeze pe o "evaluare comparativă" a competenţei metrologice făcută de un expert din alt INM sau de la BIPM. Această evaluare trebuie să folosească criteriile din EN 45001 şi trebuie însoţită de o listă de documente care să cuprindă elementele esenţiale ale sistemului de calitate al INM-urilor participante (vezi punctul 8).

10. EUROMET recunoaşte că modurile în care asigurarea calităţii şi competenţa necesită să fie demonstrate către terţe părţi variază considerabil de la un INM la altul, în funcţie de statutul lor legal, condiţiile locale etc. EUROMET nu favorizează nici una din opţiunile enunţate mai sus.

Asigurarea competenței metrologice



*ISO 9000 corespunde lui EN ISO 9000
** Ghidul ISO/IEC 25 corespunde lui EN 45001

INFORMAŢII

A 15-a Conferinţă Imeko de măsurări de forţe, cupluri şi mase Madrid, 7-11 Octombrie 1996

În perioada 7-11 octombrie 1996 s-a desfăşurat la Tres Cantos (la 21 km de Madrid) cea de-a 15-a conferinţă internaţională patronată de comitetul tehnic nr.3 la IMEKO şi intitulată "Asigurată exactităţii în măsurările de forţe, cupluri şi mase".

În localitatea Tres Cantos (Trei Pietricele) se află laboratorul naţional de metrologie al Spaniei, "Centro Español de Metrologia", inaugurat de regele Juan Carlos la 22 mai 1989.

La conferinţa găzduită de CEM au fost prezenţi mai mult de 100 specialişti din 26 ţări, apărând în premieră un număr mare de participanţi sud-americani.

Au fost prezentate două lucrări invitate:

-„Unitatea de masă din Sistemul Internaţional şi evoluţia rolului BIPM" - *R.S. Davis,* Biroul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi;

- „Rolul verificării canalelor şi procedurilor în sistemele de măsurare" - profesor *P.K. Stein*, Arizona.

În cele 12 sesiuni tehnice au fost prezentate 45 comunicări , toate în plen, permiţând audierea tuturor autorilor din specialităţile metrologice înrudite (forţe, cupluri, mase).

Subsemnatul a prezentat lucrarea "Procedură de verificare metrologică a balanţelor tensometrice interne multicomponente", precum şi două dintre cele zece lucrări ale sesiunii de postere:

- "Traductor tensometric de forţe de 300 kN pentru aplicaţii navale"- coautori *G. Kümbetlian, E. Oanţă* - Institutul de Marină Comercială Constanţa, *V. Şerban* - REFER Bucureşti;

- „Optimizarea traductoarelor tensometrice de forţe/ cupluri în formă de roată cu spiţe" - coautori *S. Muntean* - INCAS Bucureşti, *T. Mănescu* - Universitatea Tehnică Reşiţa. Alte contribuţii, ale unor autori de la Timişoara şi Petroşani, au apărut în volumul final al conferinţei.

La expoziţia de instrumentaţie au fost prezentate firmele: METTLER - TOLEDO şi SARTORIUS cu aparatură pentru cântăriri de precizie, SCHENCK şi GASSMANN-THEIS cu maşni de încercat, HOTTINGER, EPELSA şi CRANE cu traductoare tensometrice de forţe şi cupluri, VISHAY cu mărci tensometrice şi echipamente pentru fotoelasticitate.

Ultima zi a fost consacrată vizitelor tehnice: la *Laboratorul Central de Încercări de Structuri de Materiale* (CEDEX), situat lângă Buen Retiro, la *Centro Español de Metrologie* (CEM), Instituţie guvernamentală autonomă, responsabilă cu infrastructura metrologică în Spania.

La CEM au fost vizitate laboratoarele de lungimi, temperaturi, mărimi electrice, mase şi forţe, remarcabile prin dotare şi curăţenie. Laboratorul de forţe este de fapt o hală uriaşă, cu o impozantă maşină de încercat SCHENCK până la 2 MN, cu o incertitudine relativă de 5×10^{-4}. Construcţia, finalizată în 1993, se remarcă prin stil şi eleganţă arhitectonică.

Biblioteca Centrului Spaniol de Metrologie are abonamente la zi la toate periodicele de specialitate din lume. Se găsesc acolo, prin schimburi, şi revistele de profil din Rusia, Ungaria, Slovenia.

La şedinţa Comitetului Tehnic nr.3, unul dintre cele mai active din IMEKO, s-a aprobat programul de manifestări ştiinţifice pentru următorii şase ani:

1997 - Tampere , Finlanda
1998 - Taejon, Coreea (de Sud)
1999 - Osaka, Japonia
2000 - Viena , Austria
2001 - Gebze - Kokaeli, Turcia
2002 - Cairo, Egipt

Sperând în continuare că va veni şi rândul României să organizeze astfel de conferinţe ştiinţifice, trebuie să remarcăm şi de această dată buna reprezentare a specialiştilor români în domeniu.

Dan Mihai Ştefănescu
Institutul Naţional de Cercetări Aerospaţiale- Bucureşti

Vă reamintim că EDITURA TEHNICĂ pune la dispoziția celor interesați publicații periodice care pot fi obținute pe bază de abonament. Câteva precizări în legătură cu acestea, ca și modul de efectuare a comenzilor pentru abonamente, sunt prezentate în continuare.

Către .....

.....

Vă facem cunoscut că în cursul anului 1997 Editura Tehnică continuă să difuzeze pe bază de abonament Standarde de Stat, Buletinul standardizării, Revista "Standardizarea", Catalogul standardelor române, Nome tehnice şi metrologie, Norme de metrologie legală, Revista "Metrologie", Buletinul de Metrologie Legală, Revista de turnătorie şi Prescripții ISCIR.

Începând cu 1997, Editura Tehnică oferă abonaților revista "Maşini şi Management"şi publicațiile ENERG.

Comenzile de abonament pentru standarde se vor efectua pe sectoare şi abonament general respectând formularul tip comandă anexat.

Rugăm a nu omite trimiterea comenzilor de abonamente pentru sumele virate şi a nu trimite comenzi fără a vira contravaloarea lor prin ordin de plată bugetar, CEC sau numerar, în contul nostru de virament 64.51.21127 deschis la BCR filiala sect. 1 Bucureşti – Editura Tehnică. Plata se poate face şi în numerar la sediul editurii.

Menționăm că sumele dvs. creditoare la finele anului 1996 se vor considera avansuri pentru abonament pe 1997.

Pentru a putea fi cuprinsă comanda dvs. în tirajele ce se vor tipări, vă rugăm să trimiteți un exemplar din formularul de comandă completat cel mai târziu până la **10 decembrie 1996.**

Pentru completarea colecțiilor dv., Editura Tehnică vă poate difuza la cerere şi standarde apărute în anii anteriori.

Comenzile pentru abonamente se vor trimite pe adresa: Editura Tehnică – Biroul de comenzi Desfacere, Str. Oteteleşanu nr. 1, Sect. 1, Of. P.T.T.R. nr. 1, Bucureşti. Ele vor fi însoțite de o copie a ordinului de plată bugetar vizată de bancă, numărul CEC-ului sau al chitanței cu care s-a efectuat plata.

Vă rugăm, de asemenea, să ne comunicați schimbările de denumire, adresă, cont şi bancă.

DIRECTOR
Dr. ing. I. Ganea

DIRECTOR ECONOMIC
Georgeta Neagoe

Anexă: Formular tip comandă către editură

ATENȚIE

1. Comenzile neînsoțite de copia ordinului de plată bugetar vizată de bancă nu sunt valabile. Abonamentele se onorează numai cu efectuarea anticipată a plății.

Nu se acceptă abonamentele la standard pe grupe şi subgrupe, ci numai abonament general şi pe sectoare de producție conform prezentei.

2. În cazul în care nu se reînnoiesc abonamentele pentru anul 1997 se va comunica Editurii Tehnice în acelaşi termen (10 decembrie a.c.).

3. Este obligatorie înscrierea pe comandă şi ordin de plată bugetar a „Nr. abonat" evidența ținându-se pe calculator.

4. Taxele poştale pentru expedierea coletelor sunt cuprinse în valoarea virată pentru abonament.

La primirea avizului de Oficiul P.T.T.R. asigurați ridicarea coletelor în 2-3 zile, evitându-se returnarea acestora, întrucât Editura Tehnică nu efectuează reexpedierea de colete; în caz contrar, coletele se pot ridica de la Editura Tehnică, prin delegatul dv.

5. Pentru STAS-urile ce apar în cursul anului 1997 se primesc comenzi suplimentare, care vor fi trimise Editurii Tehnice anterior apriției acestora, pentru a fi incluse în tirajele editurii.

Comenzile suplimentare vor fi însoțite de copia ordinului de plată bugetar, vizată de bancă, cu menționarea obligatorie a "Nr. abonat".

6. Orice schimbare de adresă sau alte situații intervenite în cursul anului se vor comunica în timp util Editurii Tehnice.

7. Fixarea tirajelor în planul de tipărituri pe anul 1997 se va face de Editura Tehnică numai pe baza abonamentelor primite, orice întârziere ne va pune în situația de a nu vă satisface cererile dv. ulterioare.

Pentru a vă facilita alegerea abonamentelor vă prezentăm mai jos unele precizări referitoare la publicațiile menționate.

• INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE elaborează în anul 1997 următoarele:

a) **Norme Tehnice de Metrologie (NTM)**, circa 10 apariții ce conțin condiții tehnice, mijloace de etalonare, metode de verificare şi prezentare a rezultatelor etalonării/verificării mijloacelor de măsurare, în special cele industriale. Servesc pentru etalonarea/verificarea unor categorii largi de mijloace de măsurare din toate domeniile. Se adresează, în special, laboratoarelor de etalonare acreditate, laboratoarelor de întreprindere şi tuturor celor care etalonează, verifică sau repară mijloace de măsurare;

b) Revista **„METROLOGIE"**, cu apariția trimestrială, conține articole tehnice din domeniul metrologiei, tehnicii măsurărilor şi instrumentației, informații din domeniul activității de metrologie pe plan național şi internațional, apariții de lucrări, reglementări şi normative utile pentru laboratoarele de etalonare acreditate, laboratoarele de încercări, colective de cercetare-dezvoltare în domeniul măsurărilor, precum şi pentru toți cei care construiesc sau utilizează mijloace de măsurare.

• BIROUL ROMÂN DE METROLOGIE LEGALĂ va oferi în anul 1997 beneficiarilor următoarele:

a) **Instrucțiuni de metrologie legală (IML)**, în circa 5 apariții, conținând instrucțiuni de aplicare a prevederilor Legii Metrologiei care se aprobă prin hotărâri de guvern şi care interesează toți agenții economici şi specialiştii din domeniu;

b) **Norme de Metrologie Legală (NML)**, în circa 20 apariții pe an, cuprinzând terminologie, descriere şi clasificare, condiții tehnice şi metrologice, metode de verificare şi încercare, prezentarea rezultatelor, categorii de control metrologic aplicabile, atestarea legalității. Aceste norme sunt documente de referință utilizate în laboratoarele de verificări şi încercări, în vederea atestării conformității mijloacelor de măsurare la care se referă şi interesează toți agenții economici şi specialiştii din domeniu;

c) **Buletinul de Metrologie Legală** cu apariție trimestrială, care conține tot ce este necesar să cunoască agenții economici în domeniul metrologiei legale, respectiv: legi, hotărâri guvernamentale şi alte reglementări aplicabile, aprobări de model ale mijloacelor de măsurare legale, laboratoare de etalonare şi verificări metrologice acreditate şi personal metrologic atestat etc.

Tipărit la
Atelierele Tipografice
METROPOL

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR
1883

Exemplar care rămâne la abonat

LISTA PUBLICAȚIILOR PENTRU ABONAMENT

Nr. crt.	DENUMIREA LUCRĂRII	Nr. abon. comandate	Preț unitar lei	Total valoare lei
1.	**Abonament la toate standardele de stat 1997 (cca. 800 titluri)**		960.000	
2.	**Abonamente la standarde de stat, pe sectoare:**			
	– Industria minieră, petrolieră şi combustibili gazoşi **A**		38.000	
	– Industria metalurgică **B**		110.000	
	– Organe de maşini, scule şi dispozitive, maşini şi utilaje pentru industria grea **C**		58.000	
	– Maşini şi utilaje pentru construcţii industria uşoară agricultură şi transporturi **D**		48.000	
	– Maşini de ridicat şi transportat utilaje şi produse diverse ale industriei constructoare de maşini tehnologia prelucrării metalelor **E**		58.000	
	– Energetică şi Electrotehnică **F**		192.000	
	– Construcţii, lucrări de artă, căi de comunicaţii, instalaţii **G**		41.000	
	– Industria materialelor de construcţii şi silicoceramice **H**		48.000	
	– Silvicultură, industria lemnului, celulozei, hârtiei şi poligrafică **K**		48.000	
	– Industria chimică **L**		105.000	
	– Industria textilă şi a pielăriei **M**		22.000	
	– Industria alimentară **N**		28.000	
	– Mijloace de măsurare **P**		4000	
	– Protecţia vieţii, a bunurilor şi a mediului înconjurător **R**		46.000	
	– Agricultura **S**		7000	
	– Standarde de tehnică generală **U**		42.000	
	– Energii neconvenţionale **V**		4000	
	– Calculatoare şi prelucrarea datelor **X**		50.000	
	– Ambalaje, produse şi dispozitive auxiliare de ambalare **Z**		11.000	
3.	**Buletinul standardizării (12 numere pe an)**		36.000	
4.	**Revista „Standardizarea" (12 numere pe an)**		84.000	
5.	**Catalogul standardelor române**		44.000	
6.	**Norme tehnice de metrologie NTM (cca. 10 titluri)**		15.000	
7.	**Norme de metrologie legală NML (cca. 20 titluri)**		62.000	
8.	**Instrucţiuni de metrologie legală IML (cca. 5 titluri)**		6000	
9.	**Revista "Metrologie" (4 numere pe an)**		22.000	
10.	**Buletinul de Metrologie Legală (4 numere pe an)**		12.000	
11.	**Revista de turnătorie (4 numere pe an)**		25.000	
12.	**Prescripţii tehnice de cazane şi instalaţii de ridicat – ISCIR**		20.000	
13.	**Revista Maşini şi Management (6 numere pe an)**		90.000	
14.	**Publicaţia ENERG (6 numere pe an)**		90.000	
	Total general			

Plata integrală a comenzii în sumă de . . . . . lei s-a efectuat la Editura Tehnică cont virament 645121127 BCR, filiala sector 1 Bucureşti, în ziua de . . . . . 1996, cu ordinul de plată bugetar nr. . . . . anexat în copie şi vizată de Banca

DIRECTOR

CONTABIL ŞEF

La multi ani!

La multi ani!

KÖZPONTI KÖNYVTÁR 1883 OBSERVATOR

LEI 3500